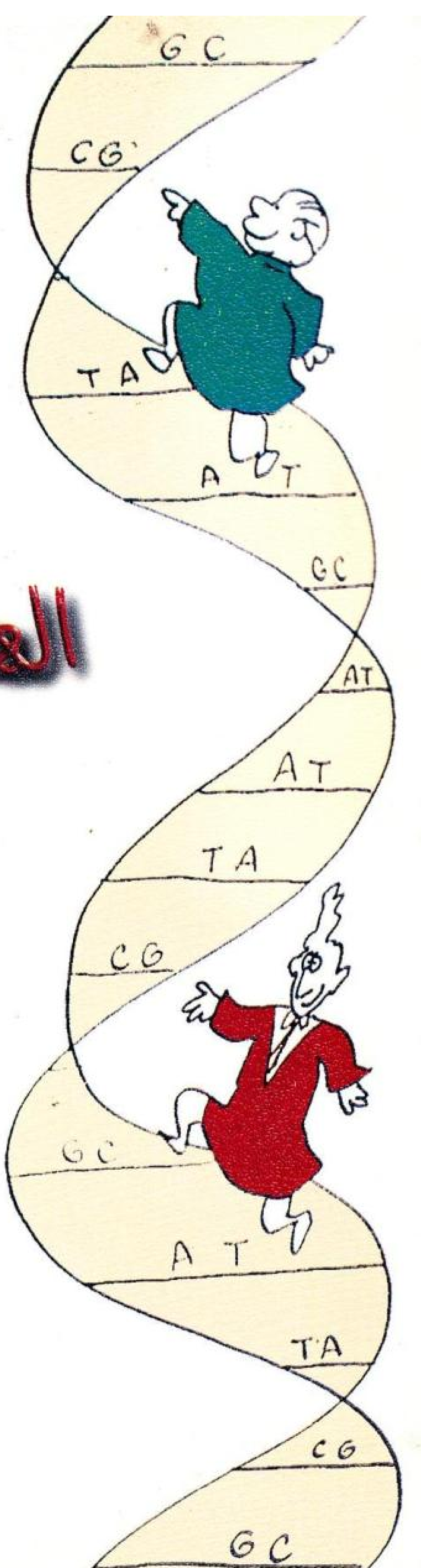
الألف كتاب الثاني
٣١٠



الوراثة و الهندسة الوراثية بالكاريكاتير

تأليف
لارى جونيك
+
مارك هوبليس
ترجمة
د. أحمد مستجير



الهيئة المصرية العامة للكتاب

الألف كتاب الثاني

نافذة على الثقافة العالمية

الوراثة
و
الهندسة الوراثية بالكاريكاتير

تأليف

لارى جونيك
+
مارك هوبليس

ترجمة

د. أحمد مستجير



الهيئة المصرية العامة للكتاب



الى التكاثر
الذى لولاه ...
لما كان موضوع هذا الكتاب
... ولما كنا نجد لنؤلفه
(... ولما كان هذا المترجم ليترجمه *)
... ولا كنت أنت لتقرأه ..
* دى طبعا من عندى (المترجم)
Grück

وأحب أن أؤكد أن هذا الكتاب ليس دعوة للكتابة بالعامية، فالمحرر والمترجم يدركان تمام الإدراك أن أية لغة على وجه الأرض في أي عصر من العصور تختلف في مستوياتها وفق مقام الحديث، فمعالجة موضوع علمي أو أدبي متعمق تحتاج إلى مفردات وتعبيرات قلما تستخدم في لغة الحديث العادية. ولو تصورنا أن برترند راسل مثلاً كان يكتب كما يتكلم، أو كان يلقي محاضرة في الجامعة بنفس المفردات والأساليب التي يستخدمها في طلب فنجان من الشاي أو القهوة، فنحن واهمون.

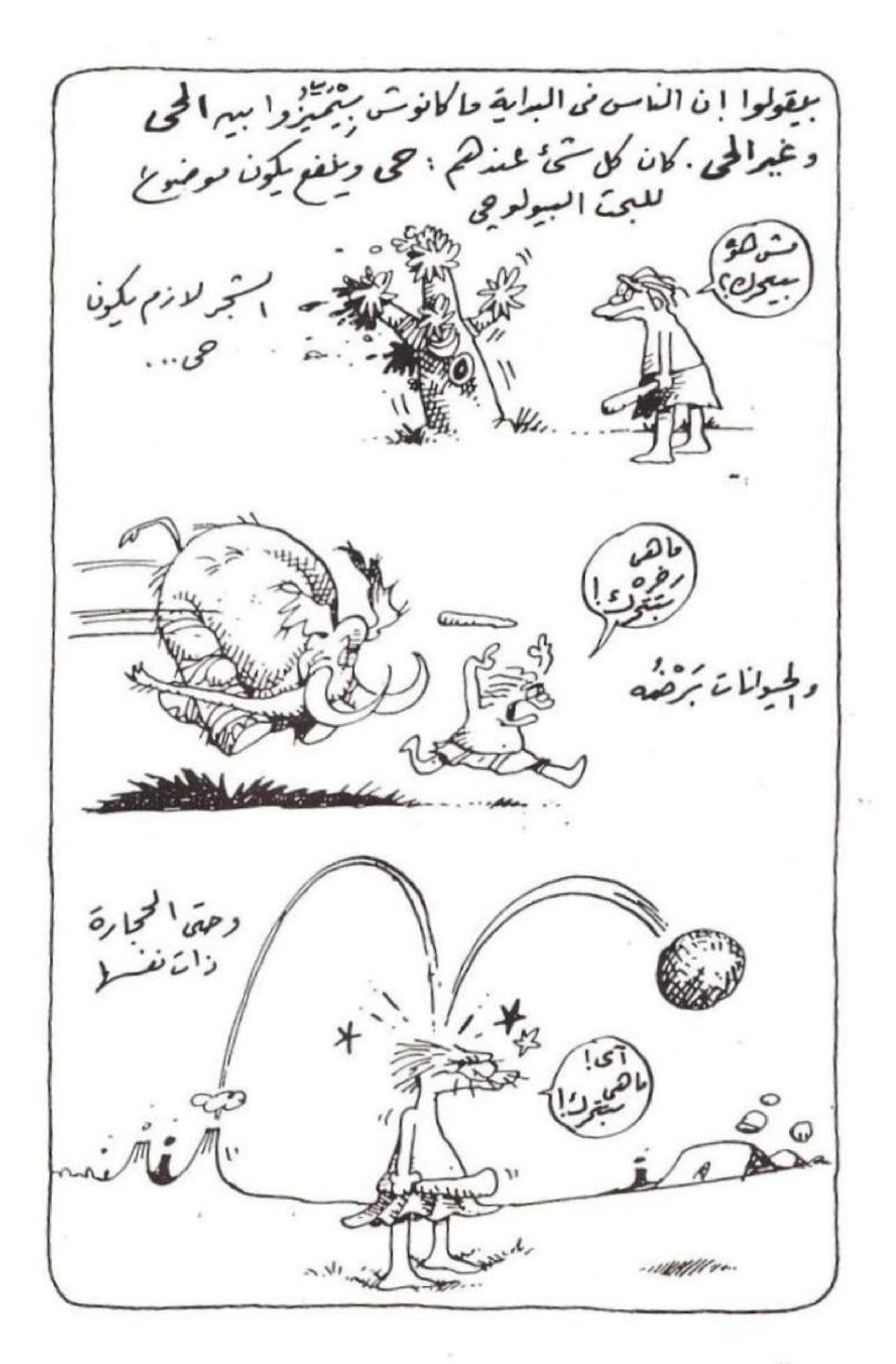
لكن الأمر هو محاولة لفتح باب القراءة والمطالعة أمام قطاعات من الجمهور تجهل متعة القراءة الجادة وتعيش بعيداً عن العلم في عصره.

كما أننا ندرك أن الحفاظ على اللغة العربية لن يكون إلا بأن نتحول إلى قوة منتجة للعلم والمعرفة، ومن ثم تبدأ المصطلحات والألفاظ العربية في التسرب إلى اللغات الأجنبية لتصبغها بصبغتها على عكس ما هو الحال الآن.

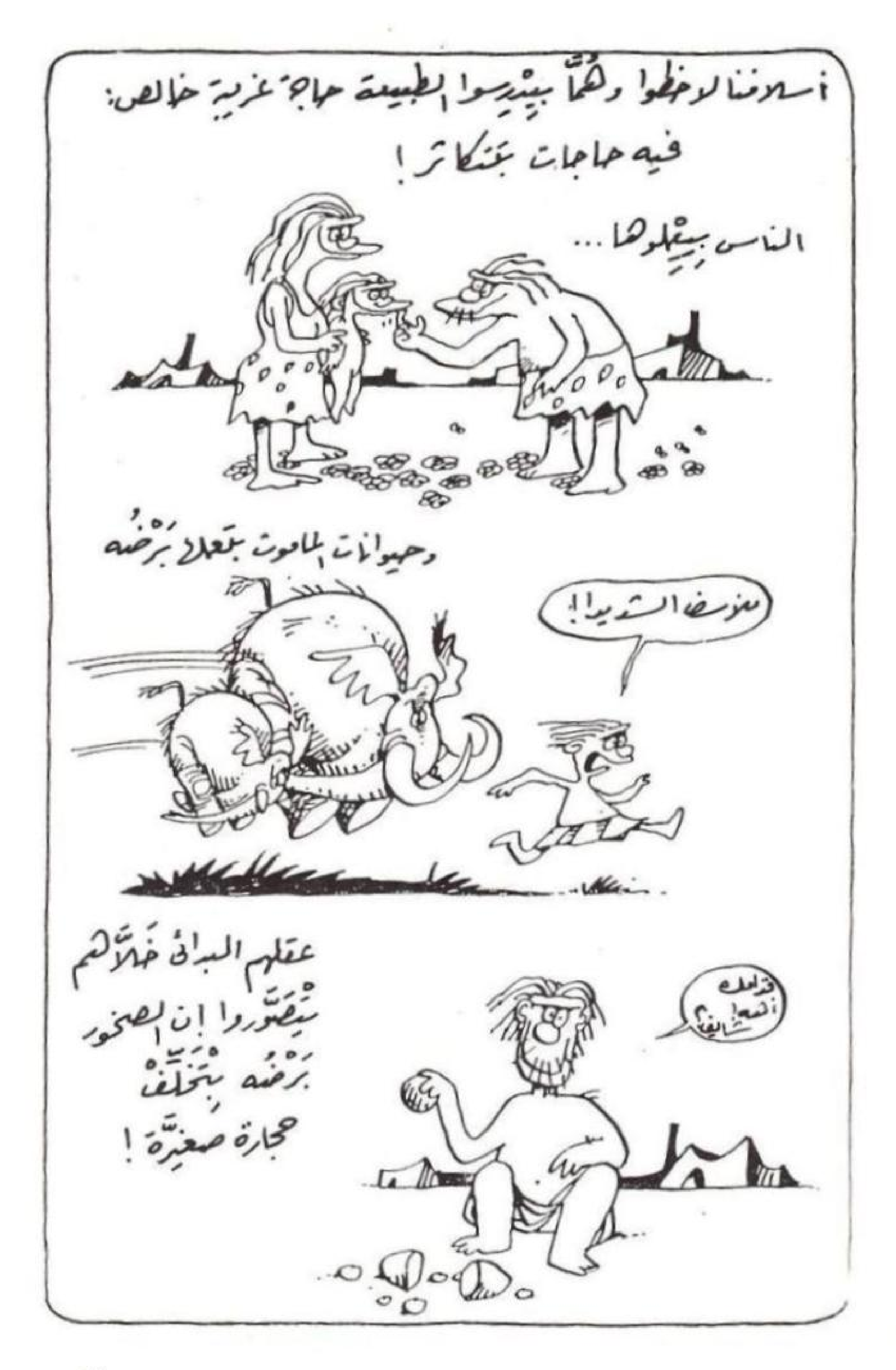
في الأزمنة القديمة

أسلافنا كانت معرفتهم بالطبيعة معرفة مباشرة
... كان كل واحد فيهم عالم بيولوجي...
وكان العالم عنده فصل من مدرسة !!





بيقولوا إن الناس في البداية ماكانوش بيتميزوا بين الحي وغير الحي. كان كل شئ عندهم: حي وينفع يكون موضوع للبحث البيولوجي
مش هو بيتحرك؟!
الشجر لازم يكون حي...
ماهي رخره بتتحرك!
والحيوانات برضه
وحتى الحجارة ذات نفسها
آي! ماهي بتتحرك!


أسلافنا لاحظوا وهمّا بيدرسوا الطبيعة حاجة غريبة خالص:
فيه حاجات بتتكاثر!
الناس بيعملوها...
وحيوانات الماموث بتعمله برضه
عقلهم البدائي خلاّهم يتصوّروا إن الصخور برضه بتتخلّف حجارة صغيرة!


فيه كتير من الباحثين بيقولوا إن الإنسان في العصر الحجري ماعرفش
يربط بين التكاثر وبين الجنس، لأن التسع شهور بين الحمل والولادة
كانوا أطول من إنه يقدر يشوف الرابطة دي ... ثم ... تبقى إيه بقى
العلاقة بين الجنس وتكاثر الصخور ؟؟!!
آديني قاعد لهنا بقى
لي كام أسبوع ويتهيألي
إنهم ما بيعملوهاش!


لكن النظرية دي
فيها حاجة مش
مقنعة: الرجّالة
جايز ما يقدروش
يشوفوا الرابطة،
إنما بالذمة يعني
الستات كمان
ما لاحظوهاش
جوّا جسمهم ؟؟!
أيوه ... دول
ما بيجوش من
غير ده ....
ما لاحظتيش يا اختي
حاجة غريبة كده بين
الأطفال وبين الجنس؟
يلّا بقى
... بلاش
كسوف!

النظرية دي بتقول إن "التنوير" جه لما الإنسان إبتدى يربّي الحيوانات، ولاحظ إن لها دورة تكاثر: بيتجوّزوا في فصل، وبيخلّفوا في فصل تاني



ولازم كانت صدمة كبيرة بصحيح لما اكتشفوا إن الرجّالة ليهم دخل في حَبَل الستّات! العلماء بيقولوا إن ده السبب في تغييرات كبيرة في المجتمع، زي الجواز، وزي سيادة الأب، وزي انتساب الأبناء لأب — ما علينا من ده كله .. الكتاب ده في البيولوجيا ومفيش داعي ندخل في المواضيع دي...

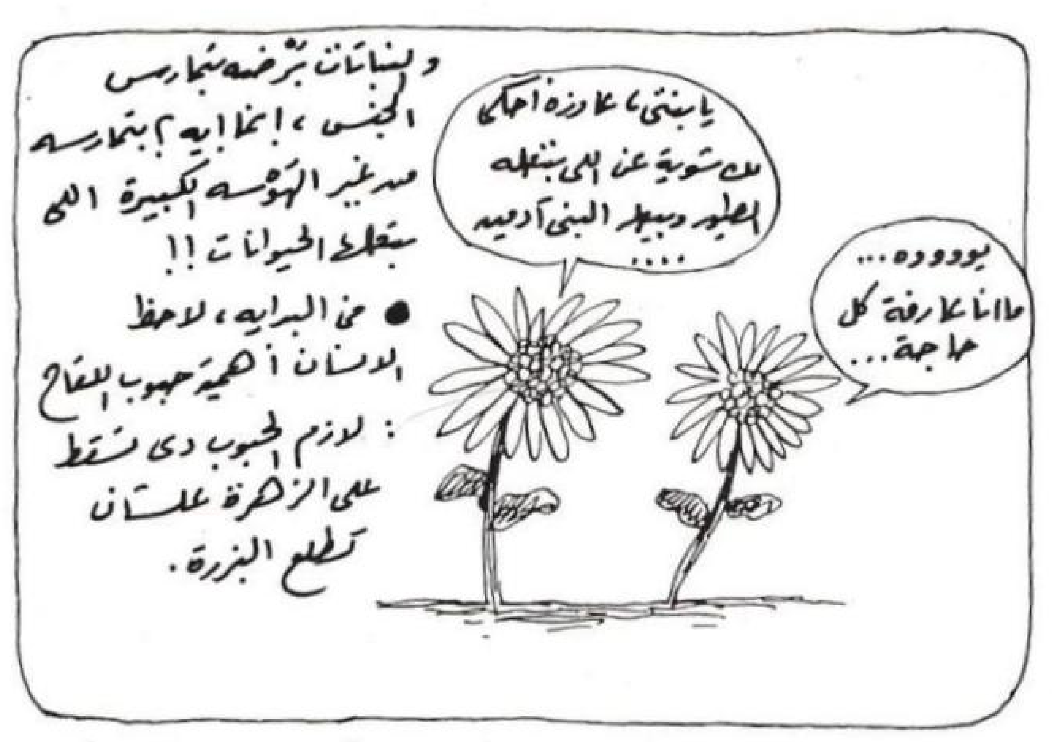
بتقول إني زي الغنم والمعيز ؟؟ عيب كده!


ظهرت بقى فكرة إن "الشبيه يخلّف اللي زيّه" ... أول فكرة وراثية بصحيح...
وبالشكل ده ظهرت:
الوراثة التطبيقية
أو بمعنى اللي بنسميه "التربية بالانتخاب".. ابتدا الرعاة يتحكموا في تلقيح حيواناتهم ينتخبوا "أحسن" مافيها علشان التزاوج، ويتخلصوا من "الأسوأ"
ده مش طبيعي أبداً أبداً!
والنتيجة؟
اتحولت سلالة من الحيوانات البرية العنيدة المعفرته.. إلى سلالة هادية مؤدبة مستكينة!!
إيه؟ مالكو يا ولاد العم! حصل لكم إيه؟
تنهيده نجحت الوراثة التطبيقية...



ده حصل في الدنيا كلها تقريبا: وبكده اتحولت الحشائش والأعشاب التعبانة، شوية شوية، وأصبحت محاصيل مُنتِجة وغنيّة - ظهر من آسيا الرُّز والقمح والشعير والبلح، وفي أمريكا ظهرت الذُّرة والكوسة والطماطم والبطاطس والفلفل، وفي أفريقيا ظهر اليام والفول السوداني والقرع العسلي - كل المحاصيل دي حسّنها الإنسان!!




والنباتات برضه بتمارس الجنس، إنما إيه؟ بتمارسه من غير الهوسه الكبيرة اللي بتعملها الحيوانات!!
• من البداية، لاحظ الإنسان أهمية حبوب اللقاح: لازم الحبوب دي تسقط على الزهرة علشان تطلع البذرة.
يابنتي، عاوزة احكيلك شوية عن اللي بتعمله الطيور وبيعمله البني آدمين....
يووووه... ما أنا عارفة كل حاجة...

ومع ذلك -


الفلاحين القدام ما عرفوش ازاي التلقيح ده بيشتغل - فقاموا حاطين شوية بحركة... احتياطي يعني!
الصورة دي بتورّي فيها اتنين من الكهنة الآشوريين بيلقحوا نخلة...
الصورة دي معمولة من سنة ٨٠٠ قبل الميلاد تقريبا.
يحصل إيه يعني لو ما لبسناش هدوم الطيور دي؟
حاسب حاسب! هدوم طيور إيه يابني آدم؟!



يمكن نقدر نوضح حكاية ربط العلم بالسحر بقصة قطيع يعقوب
حِكَايةْ قَطِيع يَعْقُوبْ
القصة بتقول إن يعقوب وافق إنه يرعى قطيع المعيز بتاع حماه
اللي اسمه لابان. إتفقوا إن أجرته تكون إنه ياخد كل المعيز المبقعة
والمبرقشة اللي تطلع، ولابان ياخد كل الحيوانات السودة - بس على شرط
إن المجموعتين مايلمسوش
بعض.
قطيع يعقوب
الراعي بتاع يعقوب
قطيع لابان
الراعي بتاع يعقوب استعمل طريقة «سحر الخشب» - يعني عمل إيه؟ كان
بيقشر عيدان الصفصاف لحد ما يظهر اللون الأبيض بتاع الخشب، وبعدين
يحط العيدان دي قرب المكان اللي الحيوانات بتشرب منه.


كانت فكرة يعقوب: إن «الشبيه بيخلّف إلى زيّه». فإذا خلّى معيز لابان السوده
تشوف اللون الأبيض بتاع خشب
الصفصاف، يقوم ولادها يطلع
فيهم اللون الأبيض ده!
وده بقى اسمه:
«السحر السرّي»!
روح اقرا الأصل
علشان تعرف إن
لابان ما كانش
إلا كده
إنما بقى من الناحية الوراثية، فالحكاية إن المعيز السودة خالص كانت
بتخلّف نسل مبقّع. وبالشكل ده زاد
عدد معيز يعقوب...
ليه بقى؟؟ ....
جينات متنحية
ح نرجع للموضوع ده بعدين
.....
الحكاية دي بتقول لنا إن كان فيه ملاحظة وراثية دقيقة فعلاً، وكان
معاها في نفس الوقت سوء فهم فظيع!
مؤكد لابان ما فهمش!!
انتم أخدتم معزي!!


خد عندك كمان شوية ملاحظات وراثية من التاريخ القديم :
الصينيين اكتشفوا الفيران الراقصة، ودى طفرة بتخلى الفار من دول يترنح كده ويلف حوالين نفسه .


والهندوس اكتشفوا إن بعض الأمراض "بتجرى في العائلات" وكمان اعتقدوا إن الأطفال بيورثوا صفات الوالدين :
"الواطى مايقدرش يهرب من أصله"
.....
وده أساس نظام طايفة اجتماعية وراثية عند الهندوس


أما الإغريقي زينوفون فكان له عند تربية الكلاب جملة وراثية بيقول فيها :
«نقى الكلب كويس علشان توصل لهدفك»
شايف ازاى ؟؟

لكن كان فيه مفكرين إغريق تانيين لهم فكر أعمق من زينوفون ـ
وطلّعوا أول نظريات وراثية حقيقية ـ
ودول بقى حاولوا يجاوبوا على السؤال:

"ليه الأبناء بيشبهوا آباءهم ؟؟"

والحقيقة إن فيه فيلسوف اسمه سقراط كان بيستغرب ليه الأطفال أحيانا مابيشبهوش آباءهم... وكان دايما يقول إن أبناء كبار رجال الدولة دايما بيكونوا كسالى وماينفعوش في حاجة! لازم بقى ناخد بالنا إن مش كل الصفات بتتورث....

وبكل أسف إن أمانة سقراط وشجاعته خلّوا اتبع أثينا ضده لحد ما موّتوه.....

كانت أهم نظرية المزيفية
ماسكة نفسها عبر الوراثة هي
نظرية الطبيب الشهير **أبوقراط**





أبوقراط عرف إن مساهمة
الأب في وراثة ابنه أو بنته
لازم تكون موجودة في السائل
المنوي. وبناءً عليه: لازم
يكون فيه سائل زيه عند الستات!



لكن لسوء الحظ إن الإغريقي اللي أثّرت أفكاره في الأجيال التالية كان أرسطو، مش أبوقراط. من جهة العلم، عُمْر أرسطو ما خلّى جهله يقف في سكّة نظرياته!!



طيب . لكن ده معناه إن الأطفال كلهم لازم يكونوا ولاد . مين يعرف ؟.
مش جايز ده يدل على ان أرسطو كانت عنده رغبة - معينة - موجودة في اللاوعي ؟
... الإغريق القدام كانوا بيحطوا الولاد في مكانة - أعلى بكتير من مكانة البنات .



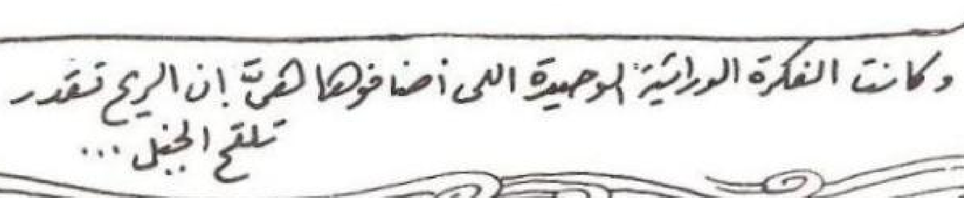

نظرية جميلة، ولكنها كانتش تفسر
السبب في إن بعض الأبناء
مابيشبهوش أمهم ولا أبوهم
فيه ناس لون عينيهم عسلي
وعيالهم عينيهم لونها أزرق.
وماتفسرش كمان حكاية يعقوب
ومعيزه المبرقشة.
ياترى الإنسان بتاع فيه
الحوتا اللي خلاني كده
مبرقشة!

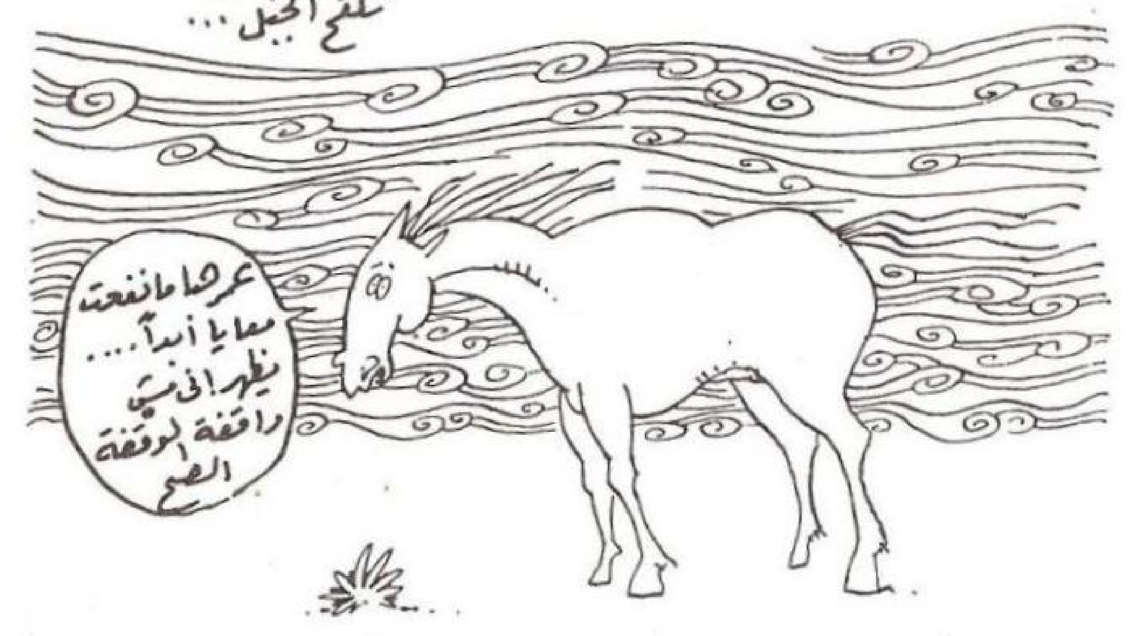

إنما كان فيه فيلسوف
إغريقي تاني اسمه
إمبدوقليس...
ده اتصور إن السبب
في كده [illegible] إن
الأولاد بيتخلقوا
كتير من التماثيل وحمة
حوامل
بتبصي على إيه
يا ست انتي؟ ضايع
منك حاجة؟!

جايز الحضارة الاغريقية تكون ماتت ... لكن

العِلْمَ مَضَى قُدُماً !


بعد الإغريق جه الدور على
الرُّومَانْ
اللى كانوا مابيْطيقُوش
حاجة اسمها فلسفة...
كانوا بيفضلوا
تكنولوجيا الموت على
علم الحياة
ايه الجريمة اللى ارتكبتها؟.. انطق!
الفلسفة ....


وكانت الفكرة الوراثية الوحيدة اللى أضافوها للعلم إن الريح تقدر
تلقح الخيل...

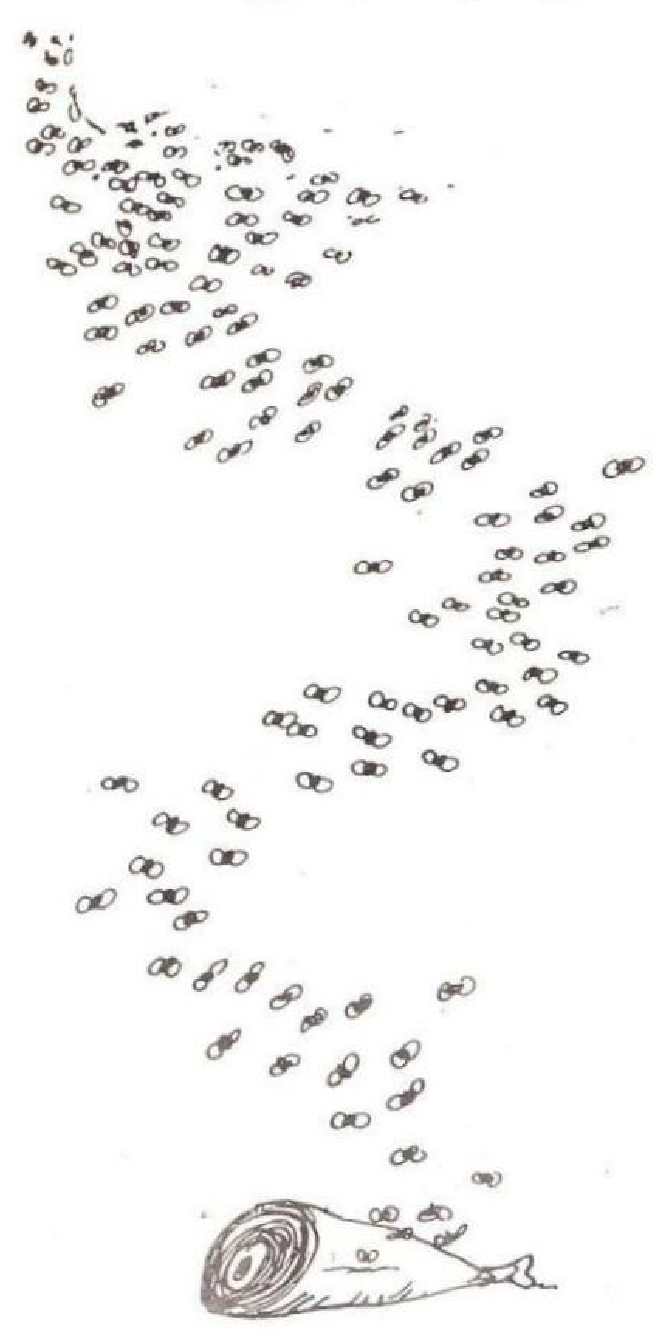

عمرها ماتنفعت معايا أبداً.... يظهر إنى مش واقفة الوقفة الصح

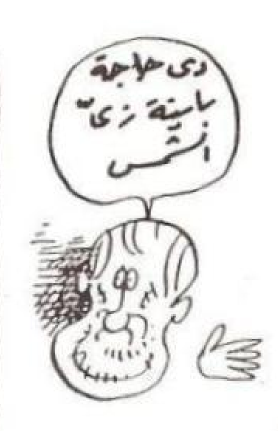

وفى
العصور الوسطى
ابتدت شمس العلم
تغيب اكتر واكتر..
اختفت نظريات الوراثة
وحبة ابتدالاقوايم طويلة
منذ "المولودات المشوهة"
جايز يكون بعض الحاجات دى صحيح..
! لما نقول ايه فى حكايات زى
حكاية «نص البقرة» اللى وقع
من السما، والسبب فى هبده
جامدة خوفت العالم كله؟
طاخ
صح... وده بيفكرنى
بحكاية رئيسة
الراهبات، ورئيس
الشمامسة والخنزير
أبو راسين
صحيح دى جايز تكون
مجرد تخريف، أو
حتى نكتة...

فيه فكرة من أفكار العصور الوسطى عطلت التقدم

الفكرة اسمها

التوالد الذاتى





الفكرة دى ابتدت أيام الإغريق وبتقول إن **الكائنات الحية** ممكن تطلع لواحدها كده من المادة غير الحية



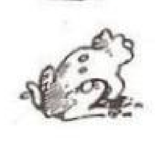
دبان اللحمة شايتولد من اللحمة المنتنة ... وشعر الحصان بيتحول إلى دود .. والطين يتحول لضفادع وفيران وحشرات !!!





لكن - زى ما قلنا ... العلم مضى قُدُماً ...

وفى القرن ١٧ ، اتعملت تجربة بسيطة نجحت فى معارضة «التوالد الذاتى» ...





الراجل حط حتت لحمة طازة فى برطماناته ،
وغطى شوية منهم كويس بالقماش ، وساب
شوية مفتوحين من غير غطا ...
بعد كام يوم مالقاش دود ! إلا فى
البرطمانات اللى من غير غطا .
والدود ده كبر ، وشرنق ، وطلع
فى الآخر دبان !
يبقى الدود بييجى من الدبان ، والدبان
بييجى من الدود .. وده اللى قاله ريدى .
مفيش حاجة « بتتولد ذاتيا » من
اللحمة المنتنة !!
التجربة الذكية دى
عملها واحد طليانى
اسمه
فرانشيسكو ريدى
ياسيدى
اسمه
« ريدى »
مش
« هريدى »

لكن بتوع التوالد الذاتى ما شافوش
فى التجربة دى أى هزيمة
لفكرتهم...



الناس كانت لسه مصدقة
إن البراغيت بتطلع من البرغل،
وإن السوس بيتعمل من الحبوب،
والسمك من الطينة... أخ.. أخ.. أخ

* *

وجه عالم هولندى لكاوى اسمه
أنطون ليفنهوك
وخلّص على حكاية البراغيت
والسمك والسوس دى....
كان الراجل ده هو أول واحد استخدم
الميكروسكوب استخدام
مضبوط.






كان الميكروسكوب اللي استعمله بسيط خالص - يادوبك عدسة عينية صغيرة. وتتبع ليفنهوك تاريخ حياة شوية كائنات صغيرة. إنما محاولته على البراغيت بالذات كانت كده زي ما تقول «كلاسيكية»!!
كتب يقول: تركيب الكائن الصغير ده متقن للغاية، وما يقلّش عن تركيب أي حيوان كبير.
متشكرين يا كتكوتي!
واكتشف إن البراغيت - زيّ السمك وزيّ الكلاب وزيّ البني آدمين - كانت برضه بتمارس الجنس!!
شوفوا بقى يا سيدنا... ما يجيش من ورا البحث الحر إلا «التحرر الجنسي»...
أيوه تمام... ليفنهوك ده بالفعل بوّظ أخلاق البراغيت...

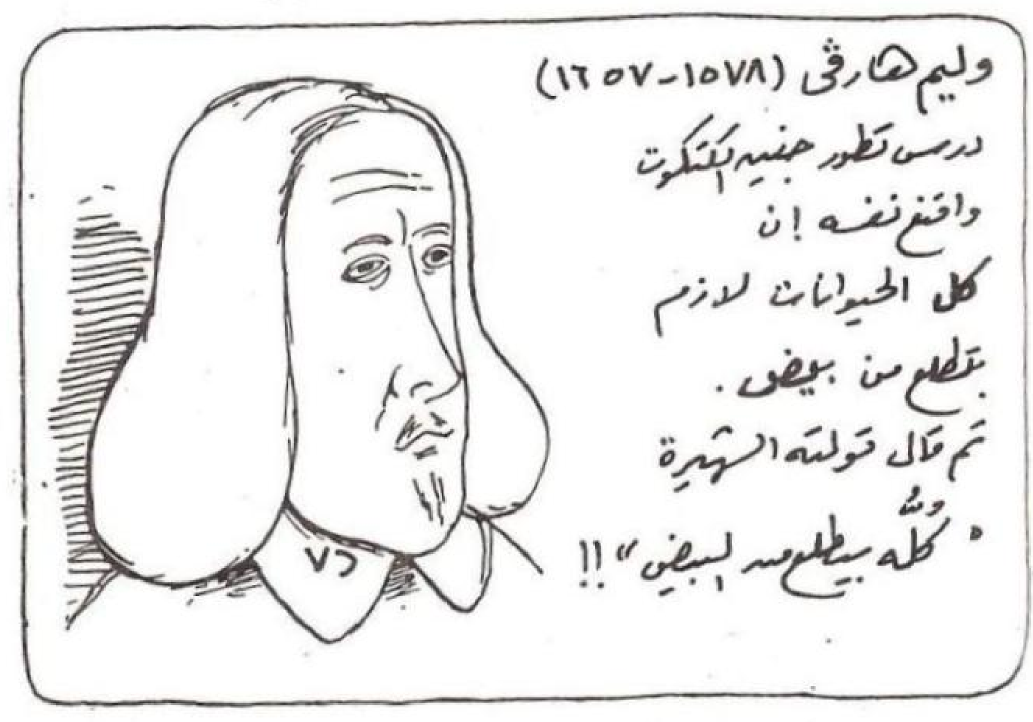

العالم الهولندي ده اكتشف
كان اكتشافه مهمه جداً :
كان أول شخص يشوف
البكتريا :
ودي الكائنات الدقيقة
جداً اللي بقى لها أهمية
كبيرة جداً في علم الوراثة
الحديث .
وكان اكتشف وجود الخلايا
المنوية . لما فحص السائل
المنوي شاف ملايين من
"الديدان" الصغيرة دي .


من الاكتشافات دي الواحد يقدر يقول:
"إن العالم إلا علبة دود كبيرة"!-
لكن، بعض الاكتشافات دي تيّهت الناس
بأفكار غلط... مثلاً... ليفنهوك نفسه
اتهيأ له إن كل خلية منوية فيها من جوّه
كائن جديد كامل صغير.
إنما المشكلة بقى: لو الكائن "الجاهز"
ده كان ذكر، يبقى لازم فيه من جوّه
خصيتين صغيرين، ودول لازم يكون فيهم
بُرضه خلايا منوية أصغر، وكل خلية
من دول لازم لقيّة زُغره شايلة
كائن أصغر وأصغر، وهكذا
وهكذا! إلى ما لا نهاية!!!
شوف لي
ميكروسكوب
أصغر كتير!!

الكلّ من بَيضة



صرخة
يا سينور فالوتيو احترم نفسك!
ياسنيوره... سيبيني لو سمحتي أشوف أعضائك وأنا غرضي علمي بحت...
ليفهمون الشغل بالجغرافيا المنوية، وكمان فيه علماء غيره مشغولين بدور النتاية في التكاثر ....

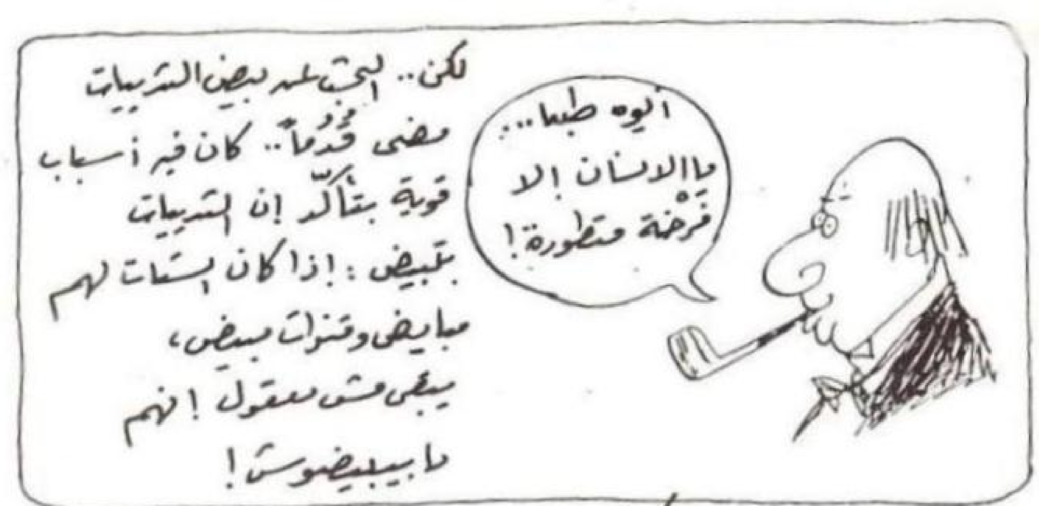


وليم هارفي (١٥٧٨-١٦٥٧)
درس تطور جنين الكتكوت واقتنع نفسه إن كل الحيوانات لازم بتطلع من بيض.
ثم قال قولته الشهيرة «كلّه بيطلع من البيض»!!


وابتدا هارفي يدوّر على بيض الحيوانات الثديية
تنهيده
بيتهيألي إني هشوف بيضة
راح اقنع جلالة الملك يسيبه يدوّر على بيض الثدييات في حديقة الغزلان الملكية ... وشرّح عشرات من الغزلان.
لكن ... في الآخر اعترف بفشله.

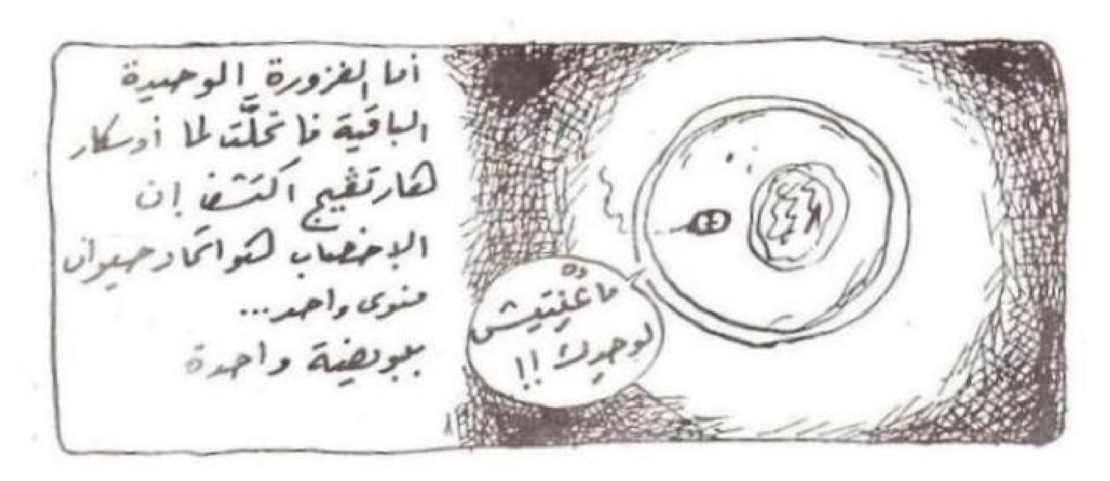

العجّة في الأصل بيض!
واستمرت المطاردة ٢٠٠ سنة، وما حدّش يعرف يلاقي بيضة.


مش صعب نفهم السبب .. لأن بيض الثدييات صغير قوي خالص وكمان نادر جداً ...
يا فيلسوف
إناث الثدييات "بتبيض" عدد قليل من البيض.
الستات مثلا بيبيضوا بيضة واحدة كل شهر...
مش زي الرجالة اللي بينتجوا عشرات الملايين من الخلايا المنوية

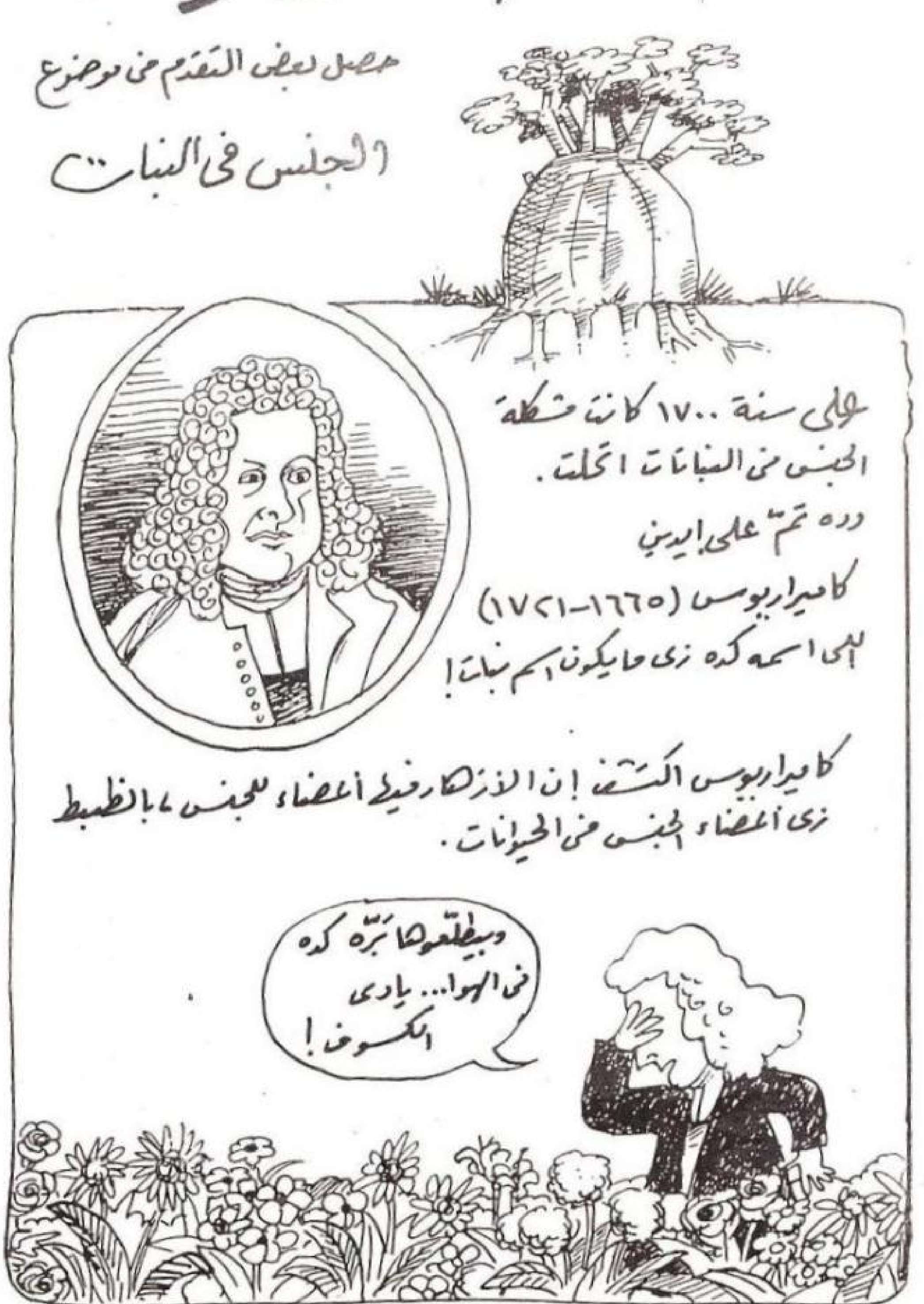


والحقيقة إن العلماء كانوا متأكدين من وجود البيض ده، بحيث لما قدروا في الآخر يلاقوا البيضة (سنة ١٨٢٧) (وكانت على فكرة بيضة كلبة) الناس استريحوا... ما استغربوش!!





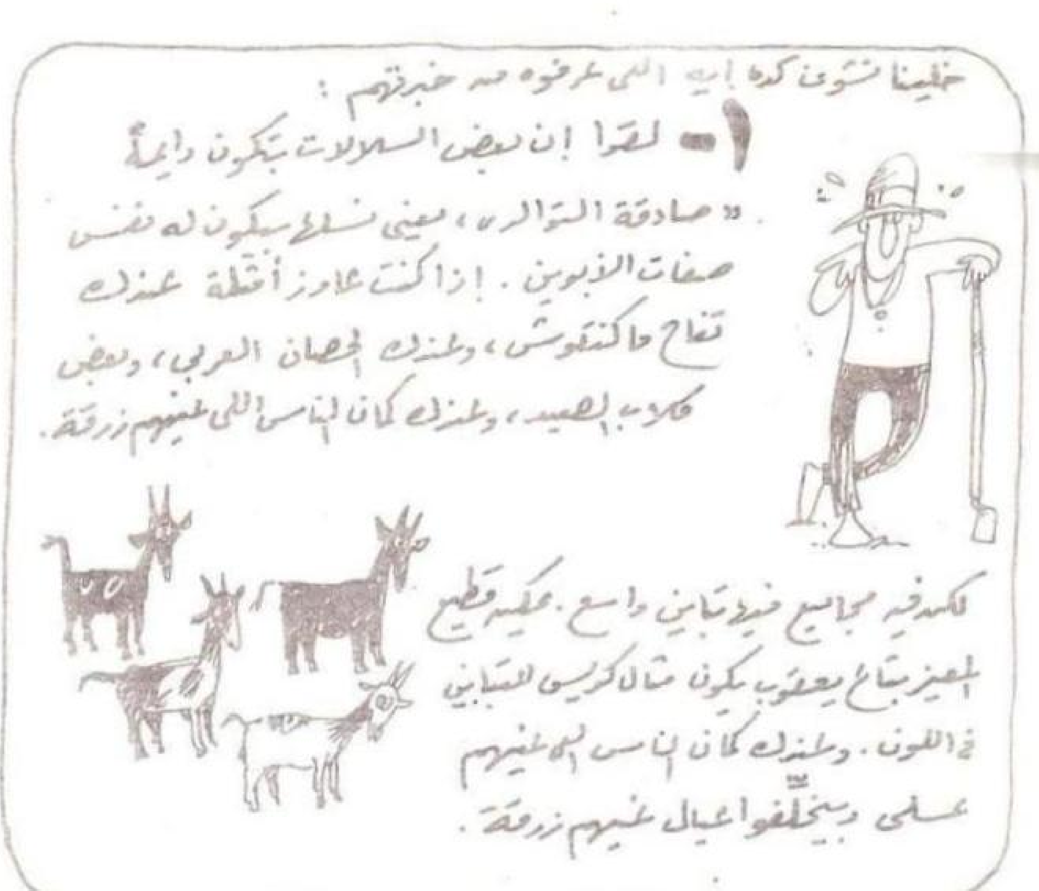
في نفس الوقت


حصل بعض التقدم في موضوع
الجنس في النبات..
على سنة ١٧٠٠ كانت مشكلة الجنس في النباتات اتحلت.
ودة تم على إيدين
كاميراريوس (١٦٦٥-١٧٢١)
اللي اسمه كده زي مايكون اسم نبات!
كاميراريوس اكتشف إن الأزهار فيها أعضاء للجنس، بالظبط زي أعضاء الجنس في الحيوانات.
وبيطلعوها برة كده في الهوا... يادي الكسوف!

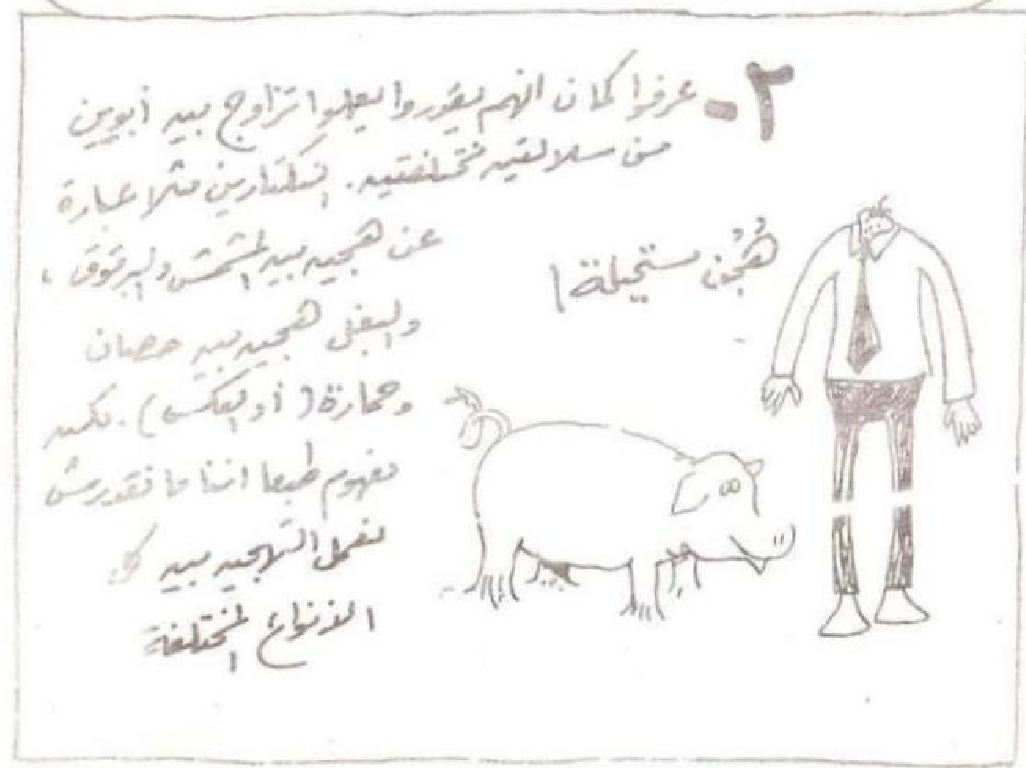

مَبْسم
مبيض
مُتك
والعضو الانثوى اسمه
المبسم وده اللى تتلزق فيه
حبوب اللقاح
الأجزاء الذكرية، اللى اسمها المتك...
بتشيل حبوب اللقاح، اللى بتعادل
الخلايا المنوية بتاعة الحيوانات.
وعشان نعقد الموضوع شوية
ح نلاقى فيه أزهار كتير
بتشيل الأعضاء الذكرية
والأعضاء الأنثوية كمان ـ
يعنى تقدر تقول:
إنها تقدر تلقح نفسها!
حبة اللقاح (أو
جزء منها) بتخترق
المبسم لحد ما توصل
المبيض. وكده
بتنمو البذور...
وبكده.. على أوائل القرن ١٩
كان بقى واضح إن النباتات
والحيوانات كائنات جنسية ـ
الذكر بينتج حبوب اللقاح أو
الخلايا المنوية، والأنثى بتنتج
البويضات (أو البيض).. وأصبحت
نظرية «التوالد الذاتى» على
شفا الموت
أمى بتقول
إن الأطفال
بييجوا من ورق
الكرنب...
انت بتقول
إن أمى
كدابة؟؟

نربّي ولّا ما نربّيش ?



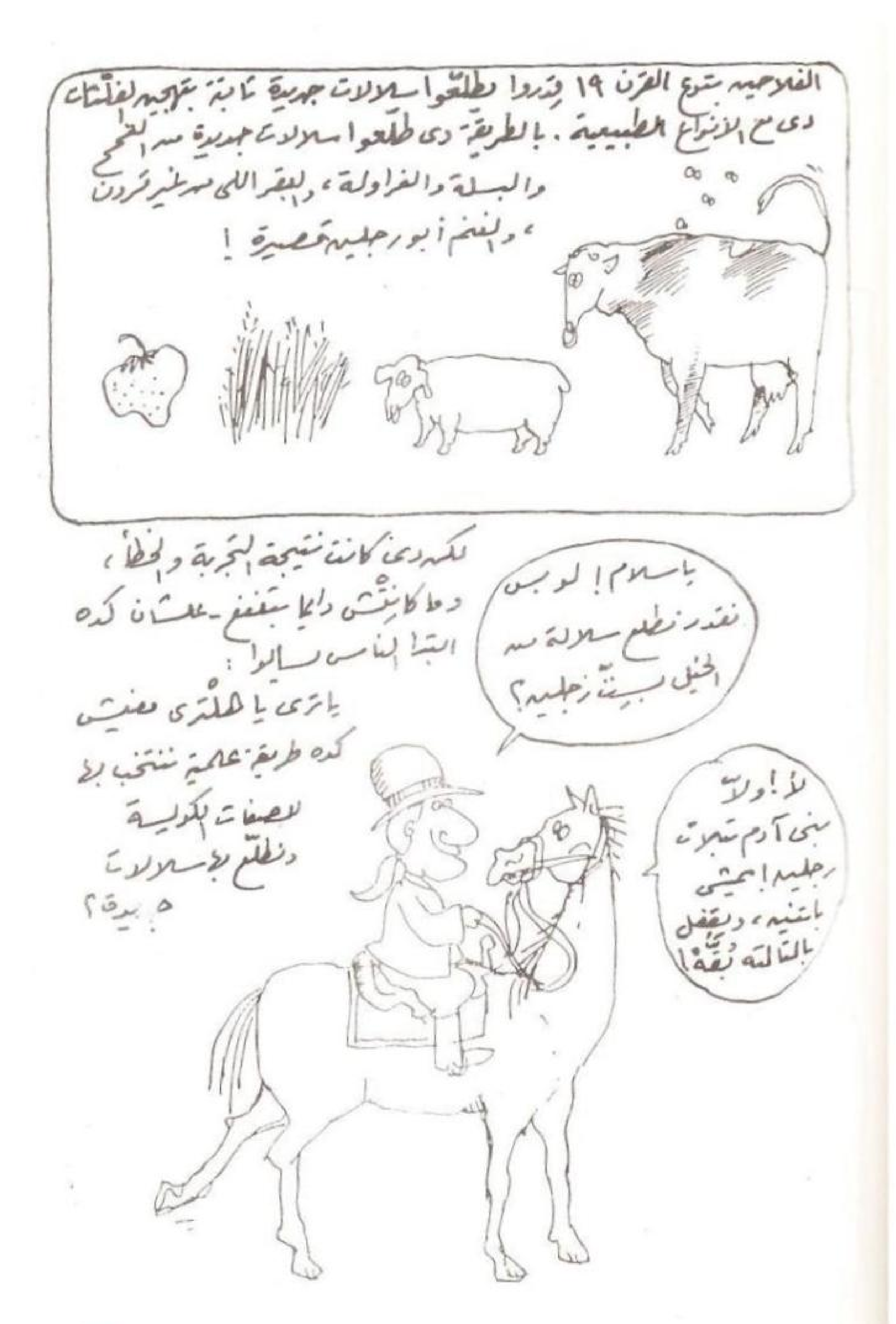


خلينا نشوف كده إيه اللي عرفوه من خبرتهم :
١- لقوا إن بعض السلالات بتكون دايمة
"صادقة التوالد"، يعني نسلها بيكون له نفس
صفات الأبوين. إذا كنت عاوز أقطف عندك
تفاح ماكنتوش، وكذلك الحصان العربي، وبعض
كلاب الصيد، وكذلك كان الناس اللي عينيهم زرقة.
لكن فيه مجاميع فيها تباين واسع. عكس قطيع
المعيز بتاع يعقوب يكون مثال كويس للتباين
في اللون. وكذلك كان الناس اللي عينيهم
عسلي وبيخلفوا عيال عينيهم زرقة.



٢- عرفوا كمان إنهم يقدروا يعملوا تزاوج بين أبوين
من سلالتين مختلفتين. مثلا عبارة
عن هجين بين المشمش والبرقوق،
والبغل هجين بين حصان
وحمارة (أو بالعكس). لكن
مفهوم طبعا إننا ما نقدرش
نعمل التهجين بين كل
الأنواع المختلفة
هجين مستحيلة!


مش معقول أبدا إنك تكون أخويا!
صعب جدا إننا نتنبأ بشكل النتيجة. ساعات بيكونوا بالضبط زى واحد من الأبوين، وساعات تكون فيهم صفات من الأبوين الاتنين - ولما تلقح الأجنة لأجنة زيه، دايما يظهر في النسل تباين واسع خالص
٣- لقوا كمان إن كل السلالات (حتى الصادقة التوالد) بتطلع ساعات «فلتات» - يعني نسل بيختلف عن الأبوين الاتنين، وساعات دول بيكون شكلهم فظيع!
ابتدا طالع منيل على عينيه!
إنما ساعات تكون «الفلتة» ما بتختلفش كتير - زى مثلا الغنم أبو رجلين قصيرة، اللى ظهر حوالى سنة ١٨٠٠
غنم واطى صحيح!



الفلاحين بتوع القرن ١٩ قدروا يطلّعوا سلالات جديدة ثابتة بتهجين الفلتات
دي مع الأنواع الطبيعية. بالطريقة دي طلّعوا سلالات جديدة من القمح
والبسلة والفراولة، والبقر اللي بيدر لبن كتير
والغنم أبو رجلين قصيرة!
لكن دي كانت نتيجة التجربة والخطأ، وما كانتش دايماً بتنفع - علشان كده ابتدا الناس يسألوا:
ياترى يا هل ترى مفيش كده طريقة علمية ننتخب بيها للصفات الكويسة ونطلّع بيها سلالات جديدة؟
ياسلام! لو بس نقدر نطلّع سلالة من الخيل بستة رجلين؟
لأ! ولا بني آدم بتلات رجلين! بمشي باتنين، وبقف بالتالتة بقى!

على أى حال

مرغم العمل الكبير اللى اتعمل ماحدش اكتشف أى قوانين عامة حقيقية للوراثة.



والحقيقة إن المشكلة باينة زى ماتكون مالهاش حل. وعلشان كده الباحثين، واحدة واحدة، بيبطلوا الشغل عليها، ودوروا على حاجة تانية... وده السبب فى إن قوانين الوراثة لما تم اكتشافها فى النهاية ماحدش خد باله منها، وفضلت مهملة لمدة ٣٠ سنة

راهب يعثر على الجين: والعالم بيتثاوب

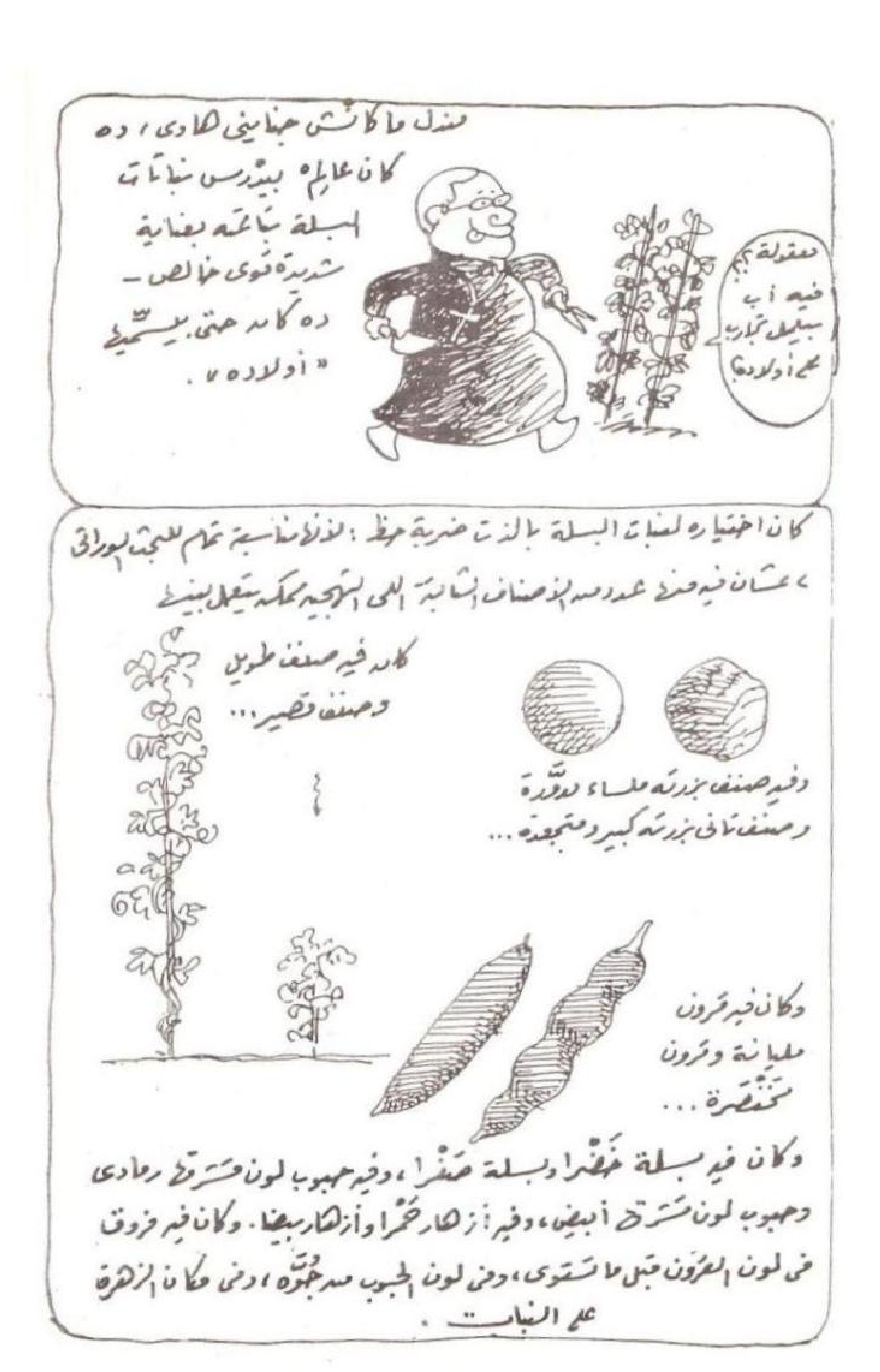


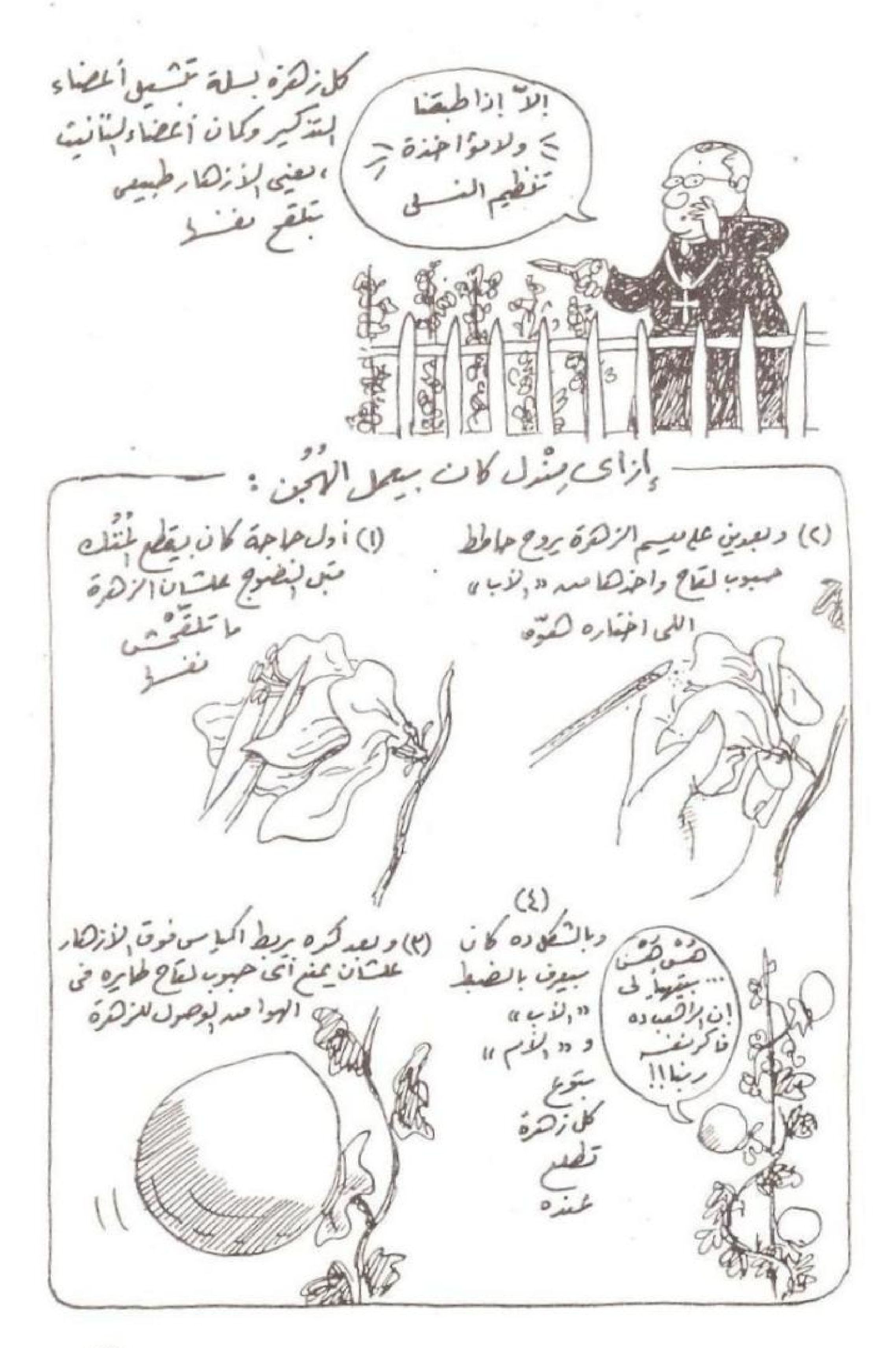
خمسين سنة كويسة ما قدرتش توصلنا لدى قانون مضبوط للوراثة.
الواضح إن اكتشاف القانون الصح - إذا كان ده يكمد - كان عاوز صبر كتير قوي، وعاوز وقت مالوش حدود - وكان عاوز، زي ما حصل خبطة حظ طيب!

مش غريبة بقى إن ده حصل من دير...

جريجور مندل
(١٨٢٢-١٨٨٤)

ده كان راهب في مدينة اسمها برون في النمسا، وكان في أوقات فراغه بيربّي نباتات بسلة في جنينة الدير


مندل ما كانش جنايني عادي ، ده
كان عالم ، بيدرس نباتات
البسلة بتاعته بعناية
شديدة قوي خالص —
ده كان حتى بيسميها
" أولاده " .
معقولة ؟! فيه أب بيعمل تجارب على أولاده ؟
كان اختياره لنبات البسلة بالذات ضربة حظ : لأنه مناسبة تمام للبحث الوراثي ، عشان فيه منه عدد من الأصناف الثابتة اللي الصفة بتاعتها بتنتقل بثبات
كان فيه صنف طويل
وصنف قصير ...
وفيه صنف بزرته ملساء مدورة
وصنف تاني بزرته كبير ومتجعدة ...
وكان فيه قرون
مليانة وقرون
متخصرة ...
وكان فيه بسلة خضرا وبسلة صفرا ، وفيه حبوب لون قشرتها رمادي
وحبوب لون قشرتها أبيض ، وفيه أزهار حمرا وأزهار بيضا . وكان فيه فروق
في لون القرون قبل ما تستوي ، وفي لون الحبوب من جوه ، وفي مكان الزهرة
على النبات .


كل زهرة بسلة تشيل أعضاء التذكير وكمان أعضاء التأنيث، يعني الأزهار طبيعي تلقح نفسها
إلا إذا طبقنا ولا مؤاخذة تنظيم النسل
إزاى مندل كان بيعمل التهجين :
(١) أول حاجة كان بيقطع المتك متى النضوج علشان الزهرة ماتلقحش نفسها
(٢) وبعدين على مبسم الزهرة يروح حاطط حبوب لقاح واخدها من «الأب» اللى اختاره لقوته
(٣) وبعد كده يربط الكياس فوق الأزهار علشان يمنع أى حبوب لقاح طايرة فى الهوا من الوصول للزهرة
(٤) وبالشكل ده كان بيعرف بالضبط «الأب» و «الأم» بتوع كل زهرة تطلع عنده
هش هش ... بيتهيألى إن الراجل ده فاكر نفسه ربنا!!

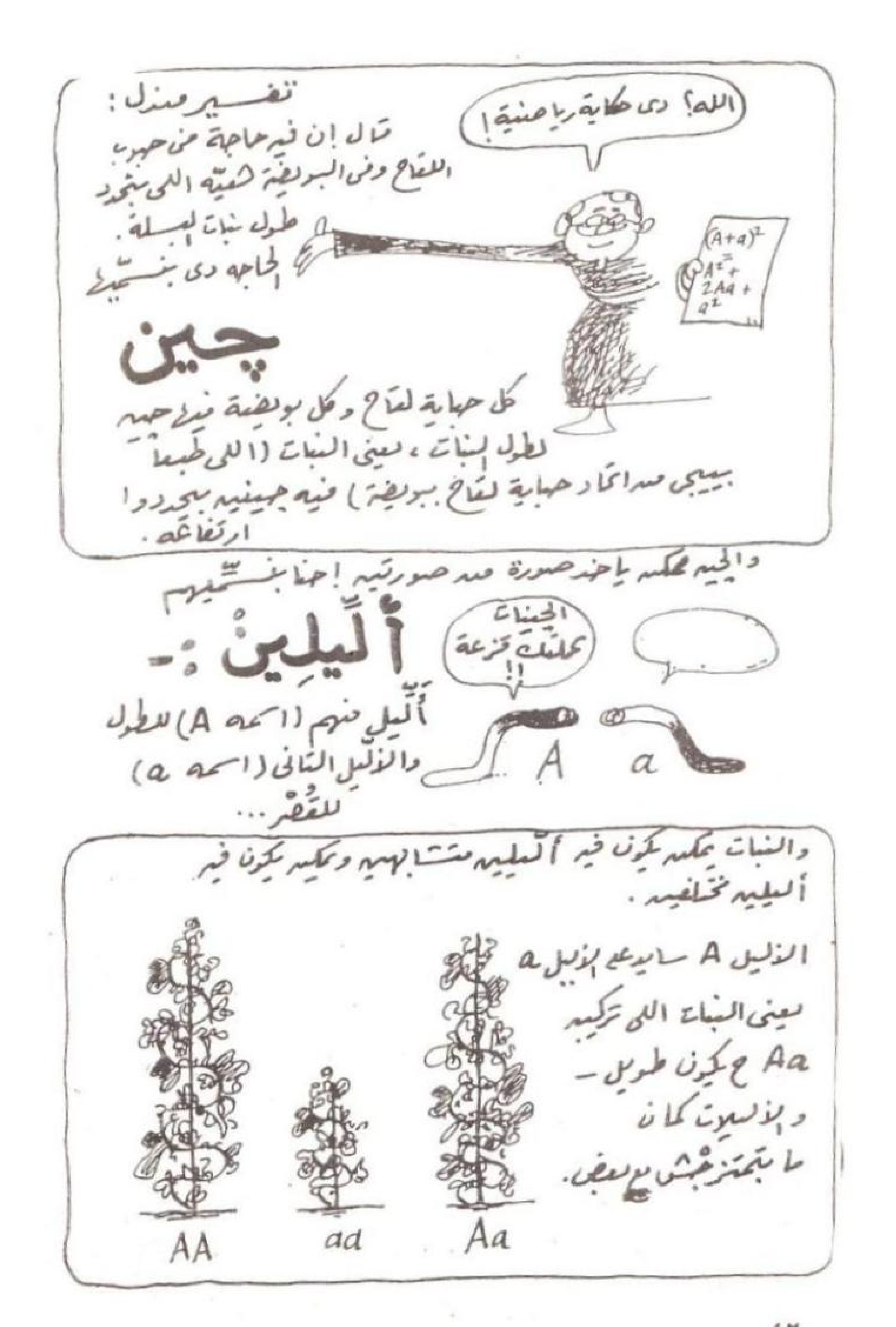

كان أول اكتشافات مندل المهمة لخطوة اكتشاف «السيادة». يحصل إيه لما تلقح نبات طويل بنبات قصير؟ الواحد حيتصور إن النسل اللي ح يطلع ح يكون بين البينين،
لكن الحقيقة إن الأجنة كلها كانت بتطلع طويلة !!
مندل قال إن صفة الطول تبقى سائدة على صفة القصر (ده طبعا في البسلة!) وإن صفة القصر صفة متنحية، وفي كل أزواج الصفات اللي اشتغل عليها كان فيه واحدة سائدة وواحدة متنحية.
"البذور المدورة سائدة على المجعدة، والقرون المليانة سائدة على المخنصرة، ولون قشرة البذور الرمادي سائد على اللون الأبيض، إلخ، إلخ، إلخ...
ما كانش مهم في النتايج دي: الأب كان مين والأم كانت مين. يعني الهجين الطويل × القصير دايما يكون طويل، ومش مهم إذا كان النبات الطويل هو الأب ولا الأم.
لكن الشغل بقى ابتدا لما جه لقح الهجين مع نفسه

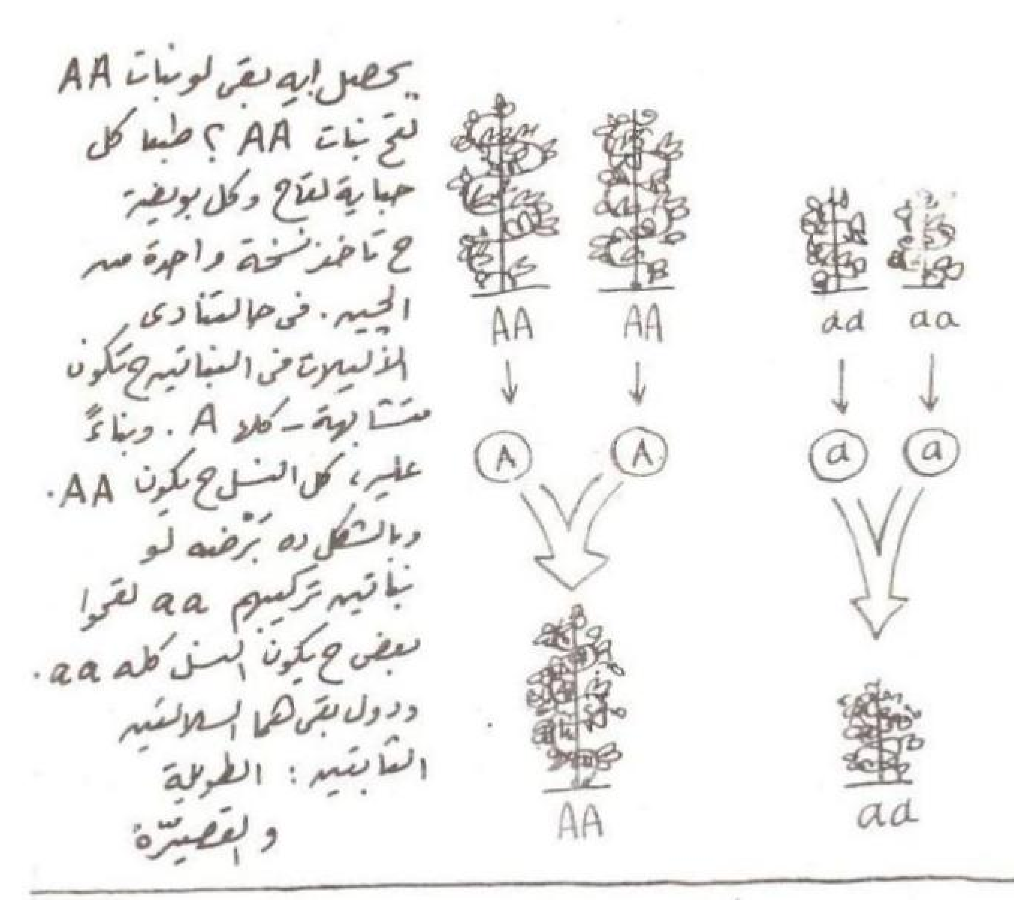
استمر مندل في عمل التلقيح الذاتي للنباتات الهجينة دي، ولقى إن تلت النباتات الطويلة بيكون نسلها كله طويل، وإن التلتين نسلهم بيكون فيه الطويل وفيه القصير، بنسبة ٣ طويل : ١ قصير

لكن النباتات القصيرة كانت دايما «بتخلّف» بس نباتات قصيرة زيها

لما الهجين اتلقحت نفسها طلع ربع النسل تقريبا قصير!

الصفة المتنحية طلعت تاني!


تفسير مندل :
قال إن فيه حاجة من حبوب اللقاح وفي البويضة كمية اللي بتحدد طول نبات البسلة .
الحاجة دي بنسميها
چين
الله؟ دي حكاية رياضية!
$(A+a)^2$
$A^2 +$
$2Aa +$
a^2
كل حباية لقاح وكل بويضة فيها چين لطول النبات ، يعني النبات (اللي طبعا بيجي من اتحاد حباية لقاح ببويضة) فيه چينين بيحددوا ارتفاعه .
والچين ممكن ياخد صورة من صورتين ! احنا بنسميهم
ألِّيلْ :-
ألِّيل منهم (اسمه A) للطول
والأليل التاني (اسمه a) للقُصْر ...
الچينات عملت فزعة !!
A
a
والنبات ممكن يكون فيه ألّيلين متشابهين وممكن يكونوا فيه أليلين مختلفين .
الأليل A سايد على الأليل a
يعني النبات اللي تركيبه Aa حيكون طويل –
والأليلات كمان ما بتمتزجش مع بعض .
AA
aa
Aa

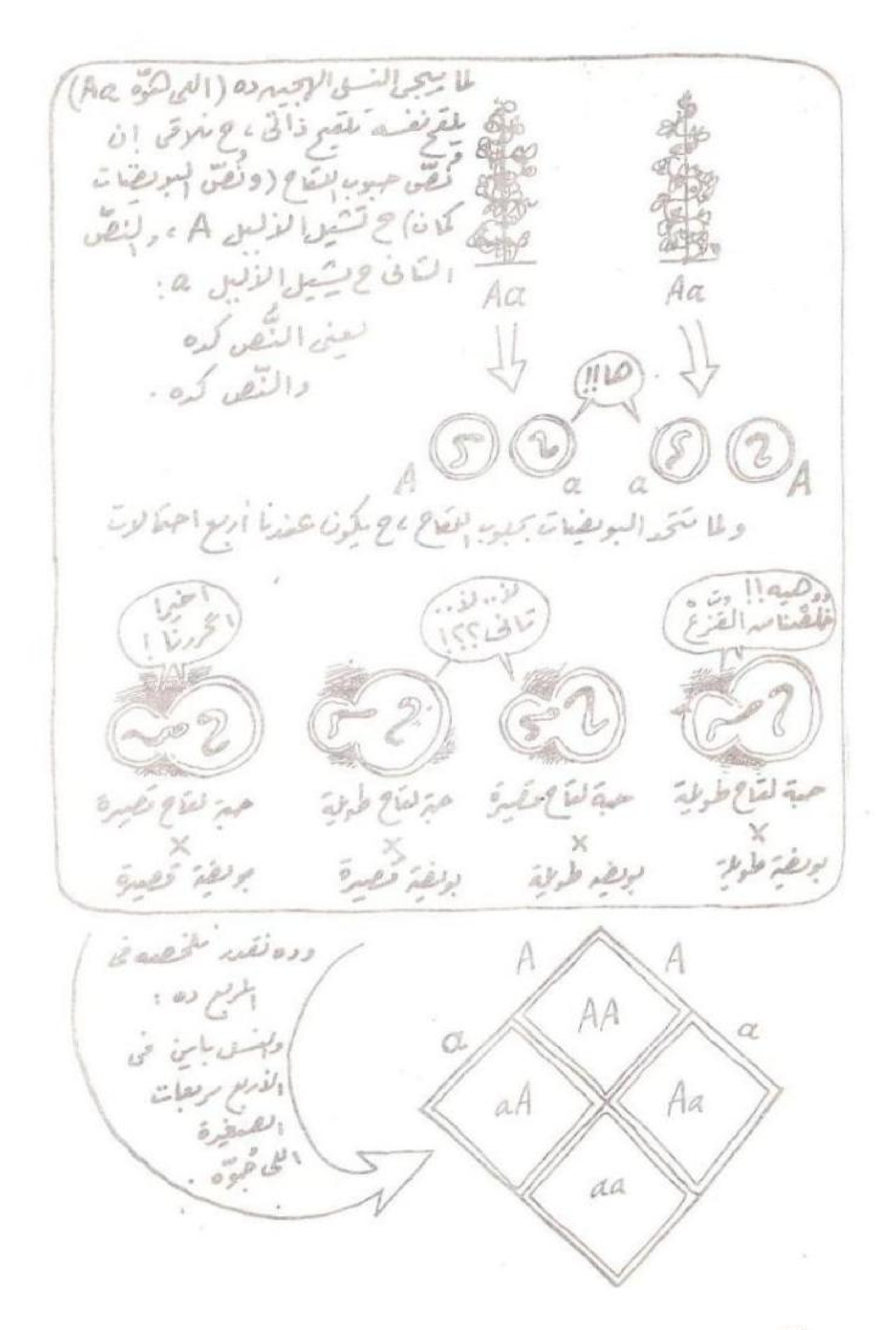


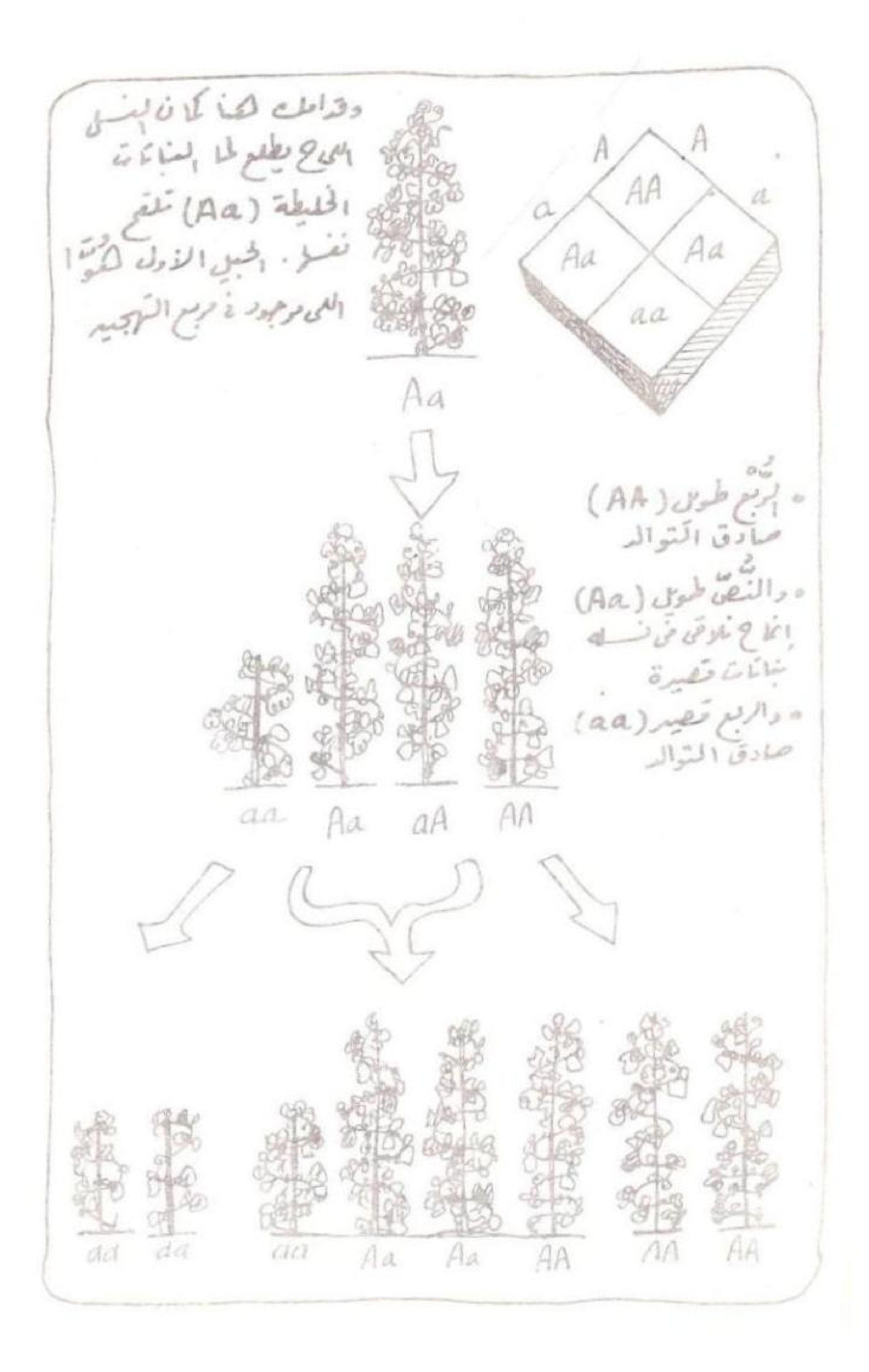
يحصل إيه بقى لو نباتات AA لقحت نباتات AA؟ طبعا كل حباية لقاح وكل بويضة ح تاخد نسخة واحدة من الجين. في حالتنا دي الأليلات في النباتين ح تكون متشابهة – كلها A. وبناءً عليه، كل النسل ح يكون AA. وبالشكل ده برضه لو نباتين تركيبهم aa لقحوا بعض ح يكون النسل كله aa. ودول بقى هما السلالتين الثابتتين: الطويلة والقصيرة

كان أول تهجين عمله مندل بين نباتات AA × نباتات aa. حبوب اللقاح (أو البويضات) بتاعة النباتات AA ح تشيل كلها طبعا الأليل A، وحبوب اللقاح بتاعة النباتات aa كلها ح تشيل الأليل a.

ومعنى كده إن النسل كله ح يطلع Aa، يعني كله ح يكون طويل (علشان A سائدة على a)

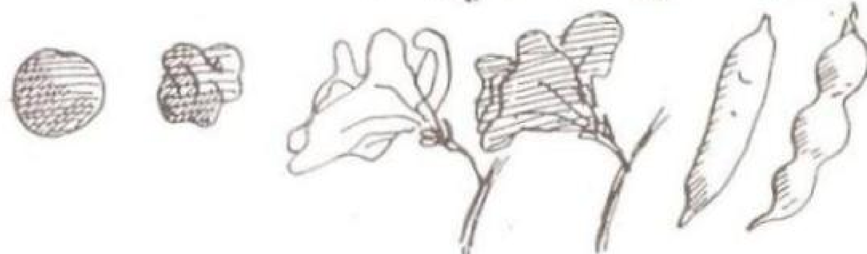
AA
aa
A
a
Aa


لما ييجي النسل الجديد ده (اللي كان Aa) يلقح نفسه تلقيح ذاتي، ح نلاقي إن نص حبوب اللقاح (ونص البويضات كمان) ح تشيل الأليل A، والنص التاني ح يشيل الأليل a: يعني النص كده والنص كده.
Aa
Aa
ها!!
A
a
a
A
ولما تتحد البويضات بحبوب اللقاح، ح يكون عندنا أربع احتمالات
لذ.. لذ.. تنافر؟؟!
أخيرا اتحررنا!
حبة لقاح طويلة × بويضة طويلة
حبة لقاح قصيرة × بويضة طويلة
حبة لقاح طويلة × بويضة قصيرة
حبة لقاح قصيرة × بويضة قصيرة
وده نقدر نلخصه في المربع ده: والنسل باين في الأربع مربعات الصغيرة اللي جوه.
A
A
a
a
AA
aA
Aa
aa



وقدامك هنا كان النسل
اللي ح يطلع لما النباتات
الخليطة (Aa) تلقح
نفسها. الجيل الأول لكوتا
اللي موجود في مربع التهجين
A A
a a
AA
Aa Aa
aa
Aa
• ربع طويل (AA)
صادق التوالد
• والنص طويل (Aa)
إنما ح تلاقي من نسله
نباتات قصيرة
• والربع قصير (aa)
صادق التوالد
aa Aa aA AA
aa aa aa Aa Aa AA AA AA

مندل كمان عمل نفس الشئ بالنسبة لباقي الصفات. يعني لقّح نباتات بزرتها ملساء X نباتات بزرتها مجعدة، ولقّح نباتات زهرتها حمرا X نباتات زهرتها بيضا... إلخ إلخ.. ولقى في كل حالة إن الصفة بيتحكّم فيها جين واحد له أليلين، أليل سايد وأليل متنحي



باين بقى إن حبوب اللقاح والبويضات كلها مليانة بالمجموع دول اللي اسمهم «الجينات» جين لكل صفة وراثية

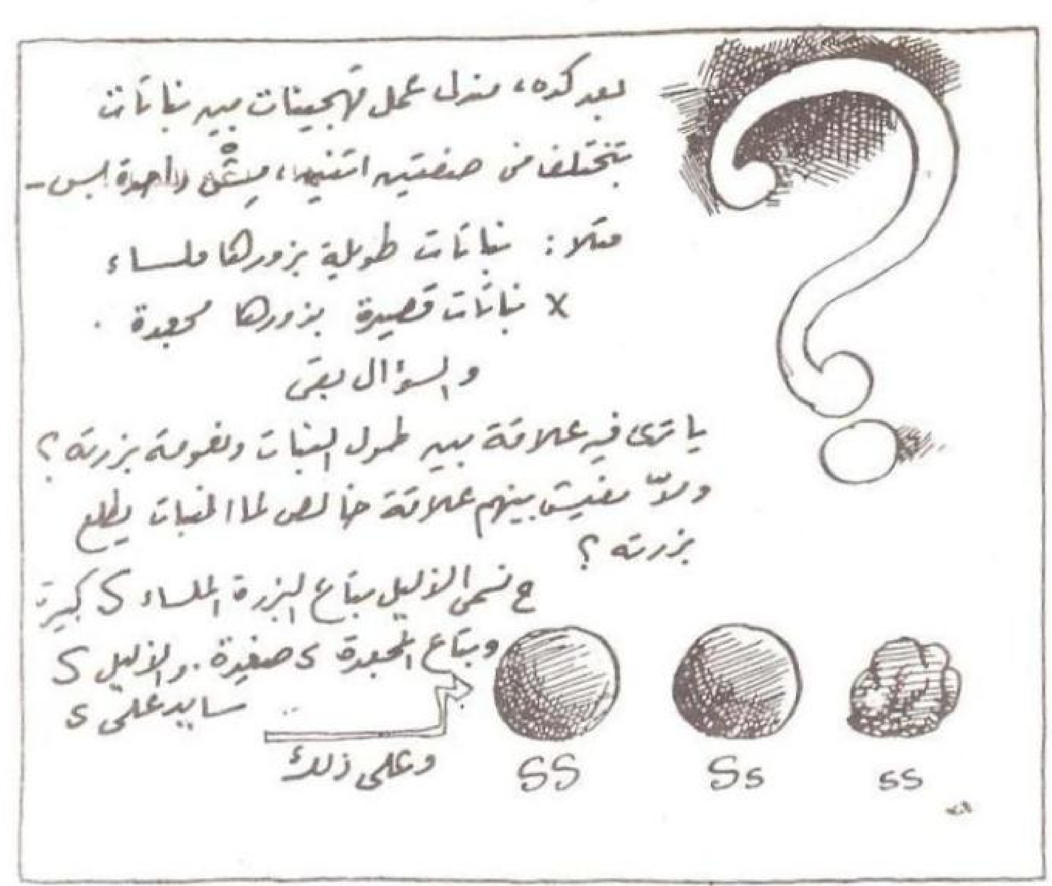
.... ياه !...

دي بقى زحمة خالص!

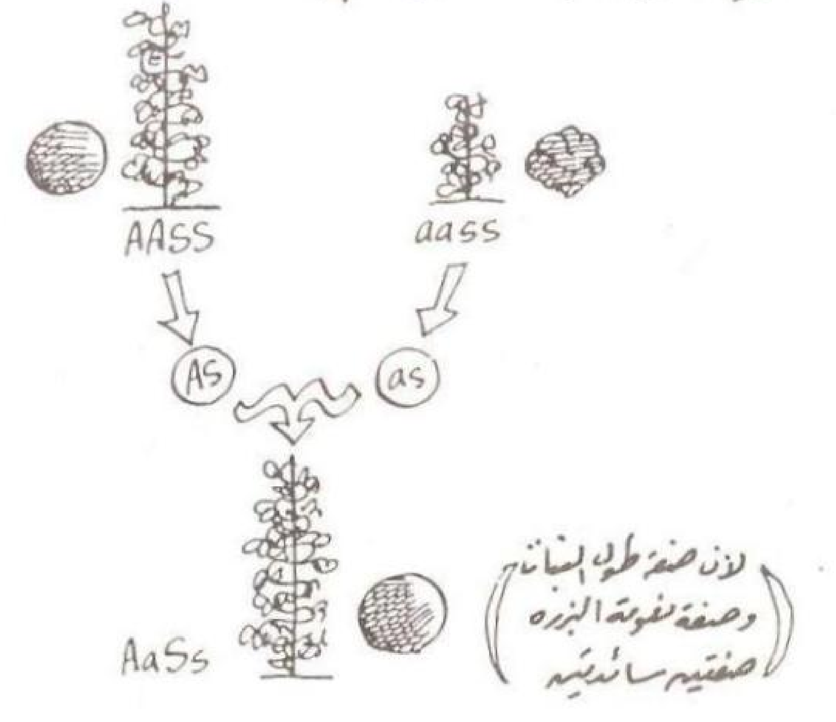


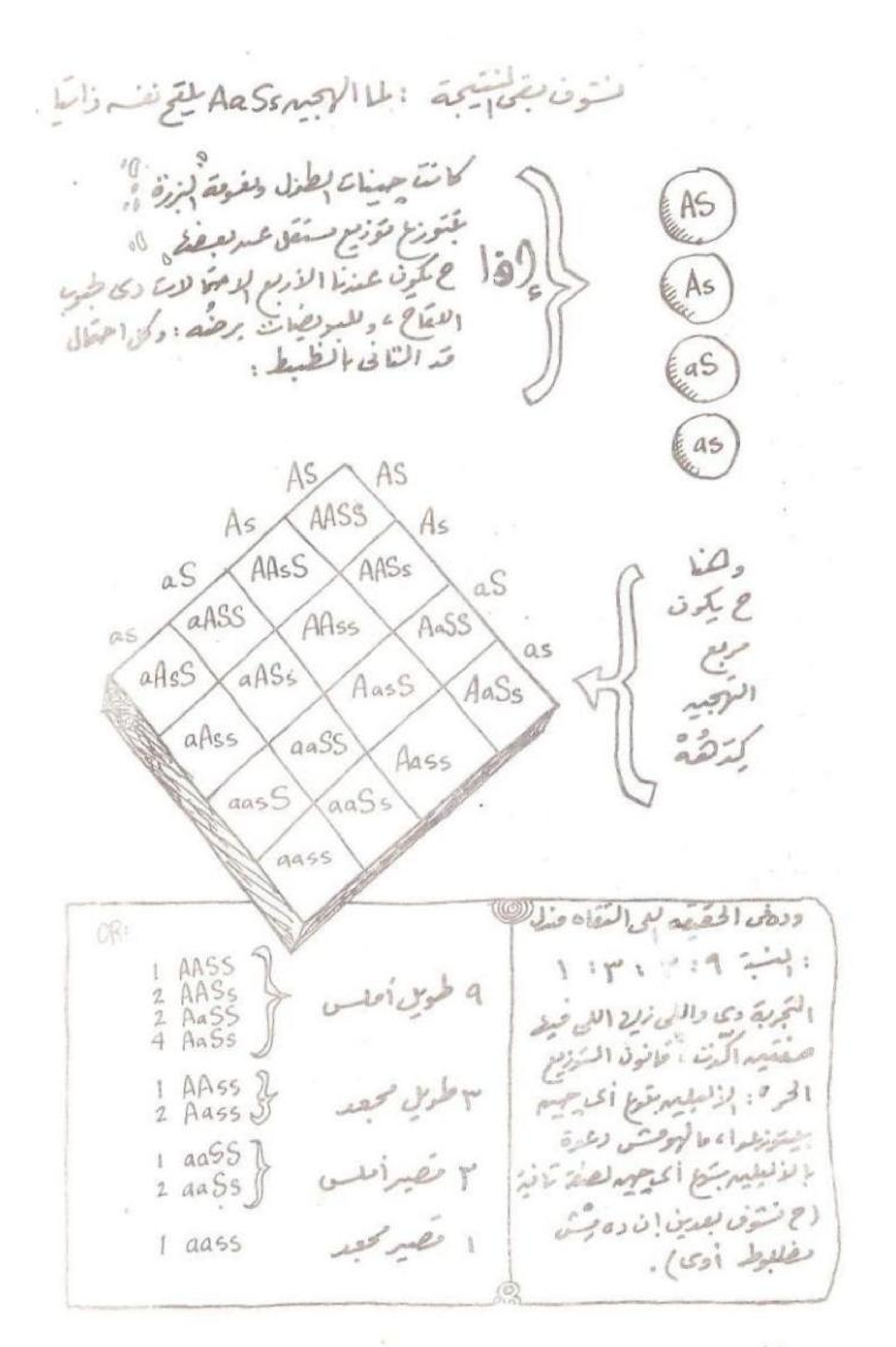
من هنا استنبط مندل إن الوراثة بتتحكّم فيها «ذرات الوراثة» دي، طبعا ما كانش شافها، إنما لازم الذرات دي ما بتتكسّرش ولا بتمتزج ببعضها. يعني تفضل حافظة نفسها جيل ورا جيل.

يعلم الله اتهم لازم يكونوا صغيرين خالص!



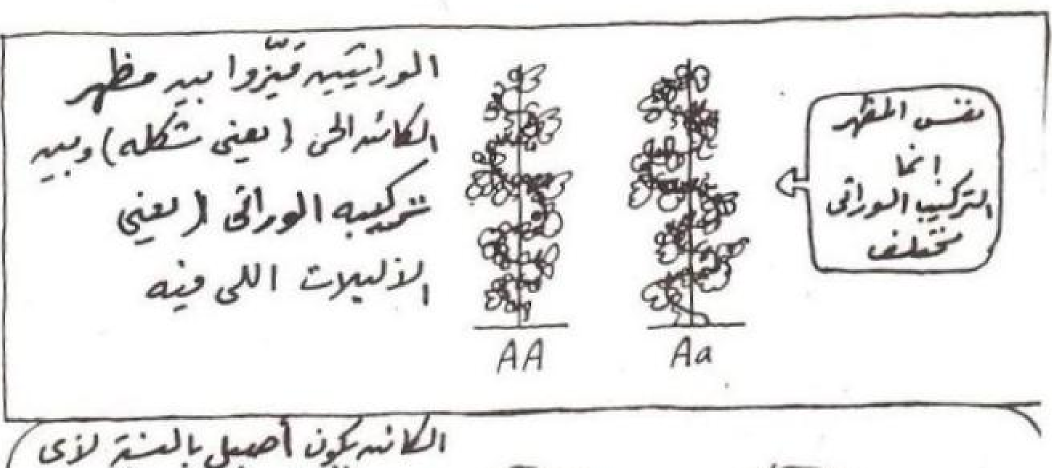
التهجين كمان بين النبات AASS والنبات aass





فنشوف بقى النتيجة : لما الهجين AaSs يلقح نفسه ذاتيا .
إذا
كانت جينات الطول ونعومة البزرة
بتتوزع توزيع مستقل عن بعضه
ح يكون عندنا الأربع احتمالات دي ف حبوب
اللقاح ، وللبويضات برضه : وكل احتمال
قد التاني بالظبط :
AS
As
aS
as
وهنا
ح يكون
مربع
التهجين
كده
AS
AS
As
As
aS
aS
as
as
AASS
AAsS
AASs
aASS
AAss
AaSS
aAsS
aASs
AasS
AaSs
aAss
aaSS
Aass
aasS
aaSs
aass
OR:
1 AASS
2 AASs
2 AaSS
4 AaSs
٩ طويل أملس
1 AAss
2 Aass
٣ طويل مجعد
1 aaSS
2 aaSs
٣ قصير أملس
1 aass
١ قصير مجعد
ودهى الحقيقة اللي اتقاله فعلا
بنسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١
التجربة دي واللي زيها اللي خلته
يقترح قانونه التاني : قانون التوزيع
الحر : إن الصفة بتتوزع أي جينها
بيتوزعوا ، ما لهومش دعوة
بالصفة بتتوزع أي جينها لصفة تانية
(ح نشوف بعدين إن ده مش
مظبوط أوي) .





الكائن يكون أصيل بالنسبة لأي جين إذا كان شايل نسختين من أليل واحد (يعني AA مثلا أو aa) ويكون **خليط** إذا كان الأليلين مختلفين (يعني مثلا Ss أو Aa)

ss
أصيل

Ss
خليط

نقدر دلوقتي نعرف إيه اللي بيقصدوه الجماعة بتوع العلم لما يقولوا مثلا:
«بزور البسلة ملساء ظاهريا إنما تركيبها الوراثي خليط».

كويس خالص إنما كلمني بقى يا حبيبي شوية عن الحسابات البنكية المطقمة!



أليل اللون الاسود (وح نسميه B) أليل سايد، وفيه أليل متنحى اسمه w للبقع البيضا.. كانت معيز لابان السودة بيحمل أليل w المتنحى ده، وعشان كده كان بيطلع بعض النسل مبقّع *

Bw × Bw

BB Bw Bw ww



* الحقيقة إن وراثة لون جسم المعيز معقدة عن كده كتير، إنما المبدأ واحد: أليلات متنحية.

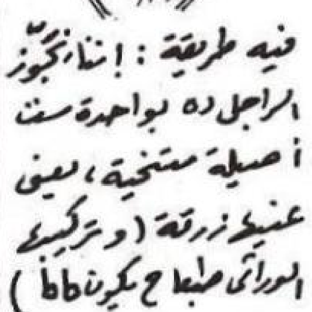


سؤال :

إذا شُفت فرد صفته سايد، إزاى تقدر تعرف إن كان أصيل ولا خليط ؟

مثلاً لون العين العسلى فى البنى آدمين سايد على اللون الأزرق، ح نسمى جينه اللون العسلى B و الجين بتاع اللون الأزرق b





فيه طريقة : إننا نجوّز الراجل ده لواحدة ست أصيلة متنحية، يعنى عنيها زرقة (و تركيبها الوراثى طبعاً ح يكون bb)



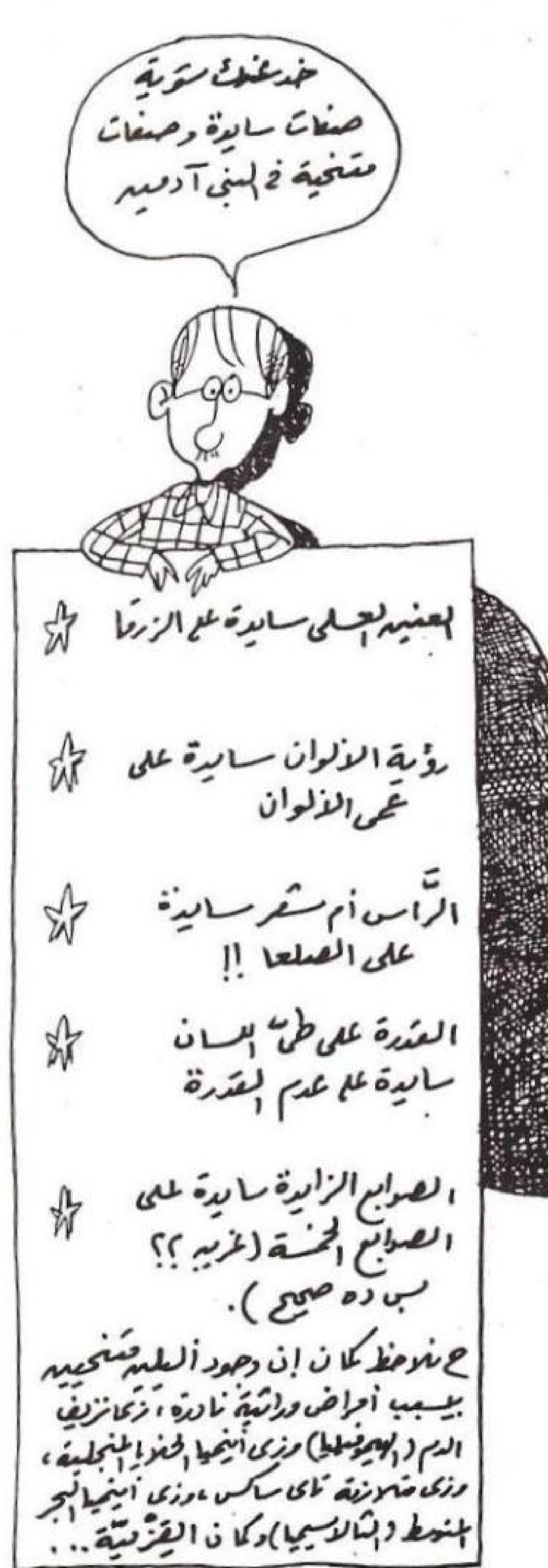


إذا خلفوا أى عيل لون عنيه أزرق، يبقى الأب أبو عنيه عسليه لازم يكون خليط Bb ، لأنه لو كان أصيل BB كان لازم اولاده كلهم يطلعوا Bb يعنى عنيهم عسلى.



مراتي التانية كانت عنيها زرقة زيي. إذا حصل لا سمح الله وطلع لنا ابن عنيه عسلي، نقول إيه؟ ولا أقول لك: أحسن اسأل بتاع اللبن!!!




خد عندك شوية
صفات سايدة وصفات
متنحية في البني آدمين
العينين العسلي سايدة على الزرقا
رؤية الألوان سايدة على عمى الألوان
الراس أم شعر سايدة على الصلعا !!
القدرة على طي اللسان سايدة على عدم القدرة.
الصوابع الزايدة سايدة على الصوابع الخمسة (غريبة ؟؟ بس ده صحيح).
ح نلاحظ كمان إن وجود الصفة المتنحية بيسبب أمراض وراثية نادرة، زي نزيف الدم (الهيموفيليا) وزي أنيميا الخلايا المنجلية، وزي متلازمة تاي ساكس، وزي أنيميا البحر المتوسط (الثالاسيميا) وكمان القزمية..


نلخص بقى الكلام ده كله...!

آدي نتايج مهمة :

١- الصفات الوراثية بتتحكم فيها الجينات، ودي بتحتفظ بكيانها، لأن عمرها ما بتمتزج بغيرها



٢- واحدة م الصورتين بتوع الجين (العنيين الاليل) بتكون سايدة على التانية، لكن الجينات المتنحية بتفضل لنا تاني بعدين!



٣- كل كائن حي بالغ فيه نسختين من كل جين، واحدة جاية من كل من الأبوين. ولما الكائن ينتج حبوب لقاح أو خلايا منوية، أو بويضات، كل واحدة من الخلايا دي بيشيل نسخة واحدة م الجين.



٤- الأليلات بتاعة الجينات المختلفة بتتوزع في الخلايا المنوية والبويضات، وبتكون مستقلة عن بعضها. وكل التوافيق بتاعة الأليلات محتملة بنفس القدر

AABBCCDDEEFFGGHH
Aa BBCCDDEEFFGGHH
aABBCCDDEEFFGGHH
aa BBCCDDEE...
AA bBCCDDE...GHH
AA BbCCDD...GHH
Aa BbCC...GHH
aA BbC...GHH

ح نشوف بعدين ان الحاجات دي مش كلها مضبوطة. يعني السيادة ساعات ما بتكونش كاملة، وفيه كائنات فيها مجموعة واحدة من الجينات.. وفيه كائنات فيها أربع مجاميع، وكان الانحراف عن التوزيع الحر اتضح إنه في غاية الأهمية...

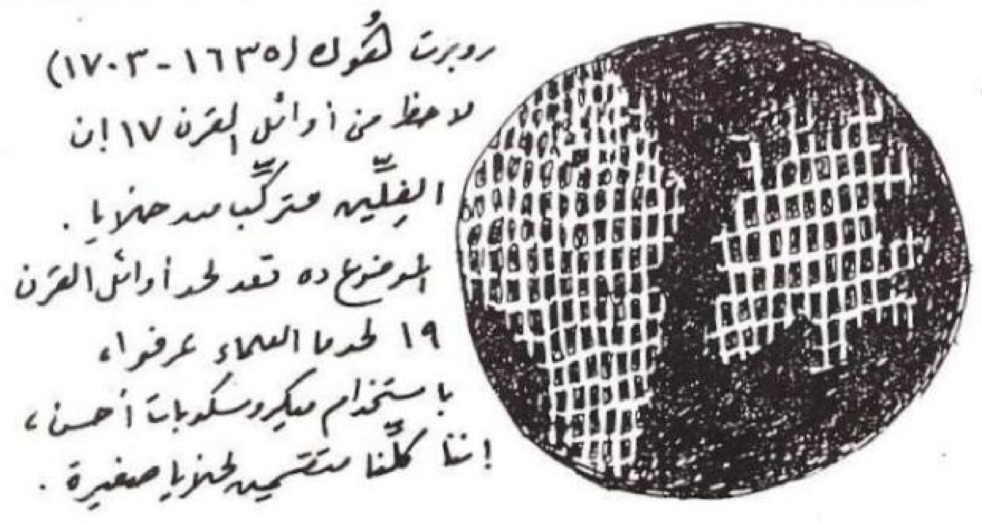

مندل أعلن نظريته سنة ١٨٦٥ في اجتماع جمعية العلوم الطبيعية في برون ... والحقيقة إن الناس نامت فيه!
أنا ست ما تحبش الرياضيات أبداً!
وللأسف إن ماحدش أصبح مهتم بالمشكلة ... الشغل فيها ماعادش موضة. وكان انتباه البيولوجيين اشتد ناحية النظرية الجديدة للتطور اللي ظهرت سنة ١٨٥٩ ... وماعادش حد فاضي لمعادلات مندل.
داروين
ولما مات مندل كان المجتمع العلمي نسي خلاص شغله. مندل قبل ما يموت قال: "بكرة ييجي وقت تفتكروني فيه تاني" - ومندل مات سنة ١٨٨٤.
فيه حقول ما بتبطلش موضة أبداً....
شغل الجنايني ما عادش موضة الأيام دي...

دِلوَقتي بِتشُوفها...

شُغل منك نام بقى في زاوية النسيان ،
لكنه في نفس الوقت كانت فيه اكتشافات عظيمة
في العالم " الدقيق "

المنطقة الشكلي
في البحوث!

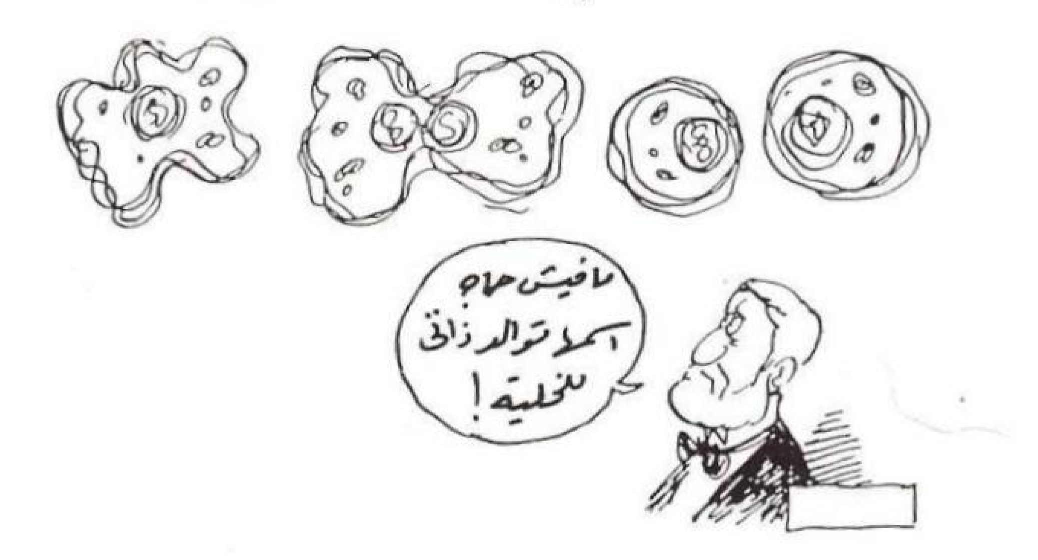
إحنا النهارده دي بناخدها
قضية مُسلّم بيها إن كل
الكائنات الحية معمولة من خلايا
- لكن ده ما كانش
معروف لحد آخر
القرن ١٩



الإنسان العادى اللى زيّى وزيّك فيه آلاف الملايين من الخلايا، لكن فيه كائنات تانية زى البروتوزوا جسمها كله خلية واحدة بس. والخلايا ليها أشكال وألوان وأحجام كتيرة.



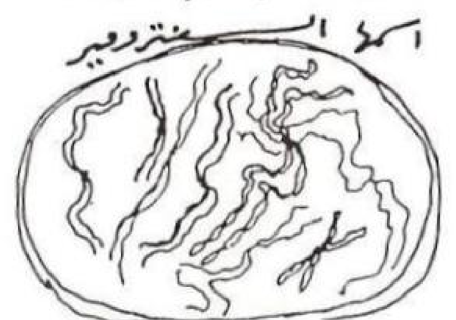
العلماء لاحظوا كمان إن كل الخلايا جاية من انقسام خلية كانت موجودة قبلها. ومتى الخلية ماتنقسم ح تلاقى إن كل حاجة فيها بتتضاعف.



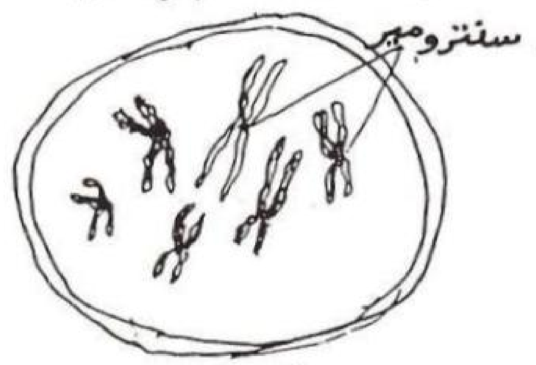

ومع تحسين الميكروسكوب، ظهر لنا التركيب الداخلي للخلية
كان فيه أولا حاجة اسمها النواة - وجوه النواة دي كانت بتحصل حاجات عجيبة...
نواة
كروموزومات
مباشرة قبل الخلية ما تنقسم بتظهر فيها فجأة حاجات صغيرة شكل العصاية، ودي تتضاعف، وبعدين تختفي...
تسموها كروموزومات - واتسببت في مناقشات واسعة خالص
خبير في طاقية الإخفاء!
إسأل خبير!
فيه طريقة واحدة تقدر تعرفها بيها...
دول بيدخلوا ويخرجوا من الباب الخلفي - زي شباح اللمبا!
الكروموزومات دي عامله زي وطاوط الترشيحه تيجي للانتخابات - يطلعوا من الهوا.. وبعدين يختفوا..
فيه احتمال واحد يا سادة يا كرام!
إنت تكون موجودة طول الوقت ما بتختفيش!
ووصلوا بالآخر إلى اتفاق - الكروموزومات في الحقيقة ما بتختفيش، إنما أصلها رفيعة خالص معظم الوقت فما بنقدرش نشوفها بالميكروسكوب العادي بتاعنا، لكن لما تيجي الخلية تنقسم، تلاقيها بتتنيهم على نفسها وتبقى تخينة، فنقدر نشوفها

وبالدراسة الدقيقة اتضح إيه اللي بيحصل للكروموزومات عند انقسام الخلية :

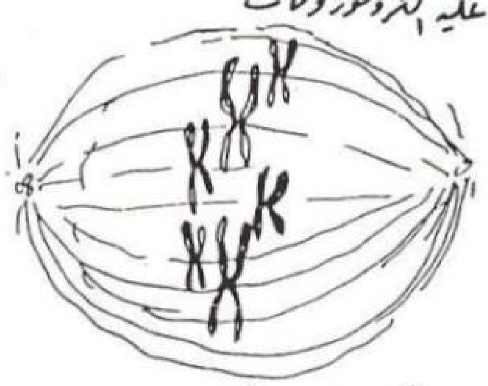
١- أول حاجة الكروموزومات بتضاعف نفسها (واحنا لسه مش شايفينها) إنما بتفضل مربوطة ببعض في نقطة اسمها السنترومير



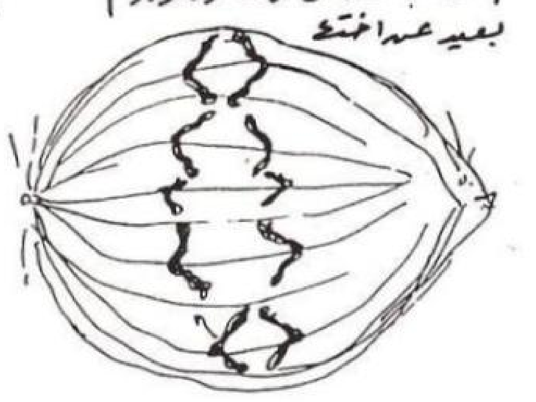
٢- وبعدين تتخن وتقصر ونقدر بكده نشوفها تحت الميكروسكوب



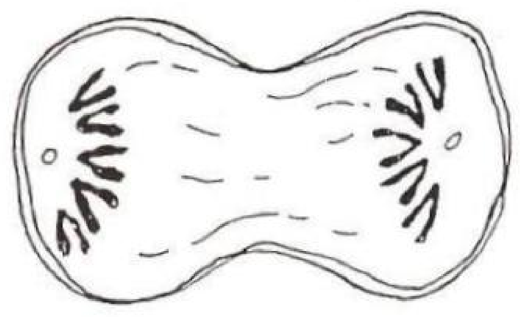
٣- وبعدين الغشاء اللي حوالين النواة بيتحلل وبيتعمل مغزل اللي تتصف عليه الكروموزومات



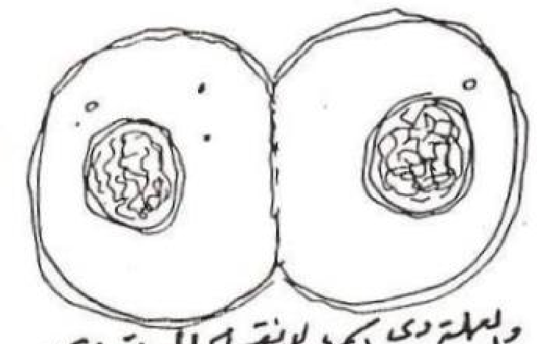
٤- السنترومير بعد كده بيتقسم وخيوط المغزل تشد كل فردة كروموزوم بعيد عن أختها



٥- بكده توصل الكروموزومات إلى القطبين بتوع الخلية، والمغزل يختفي

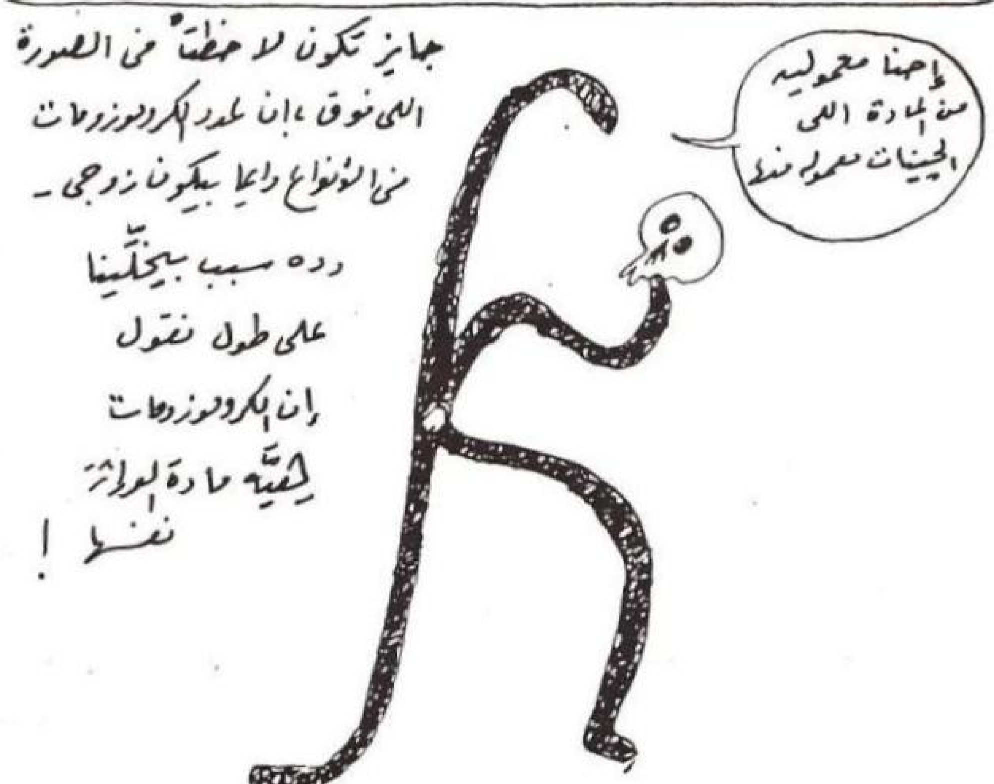


٦- وبعدين بيتعمل تاني غشاء للنواة وتنقسم الخلية لاتنين

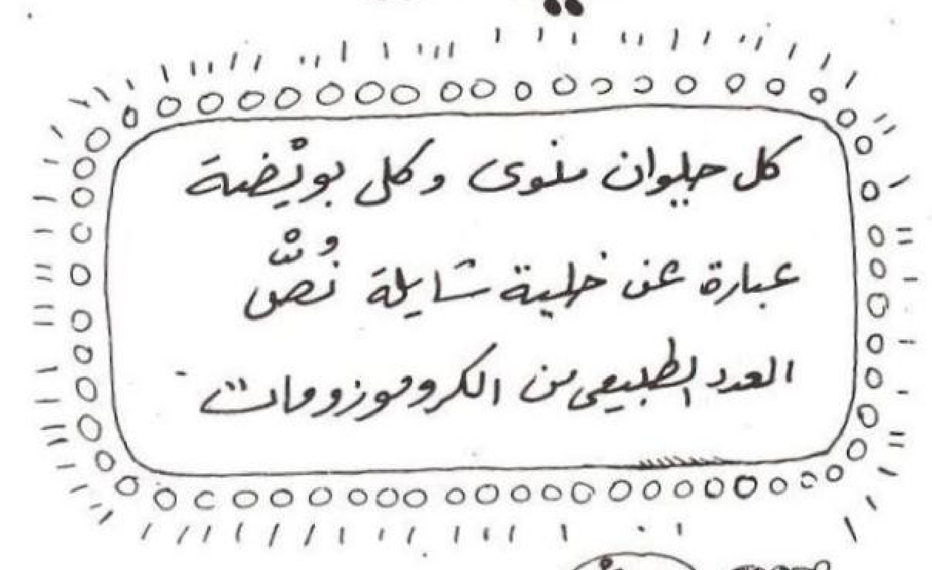


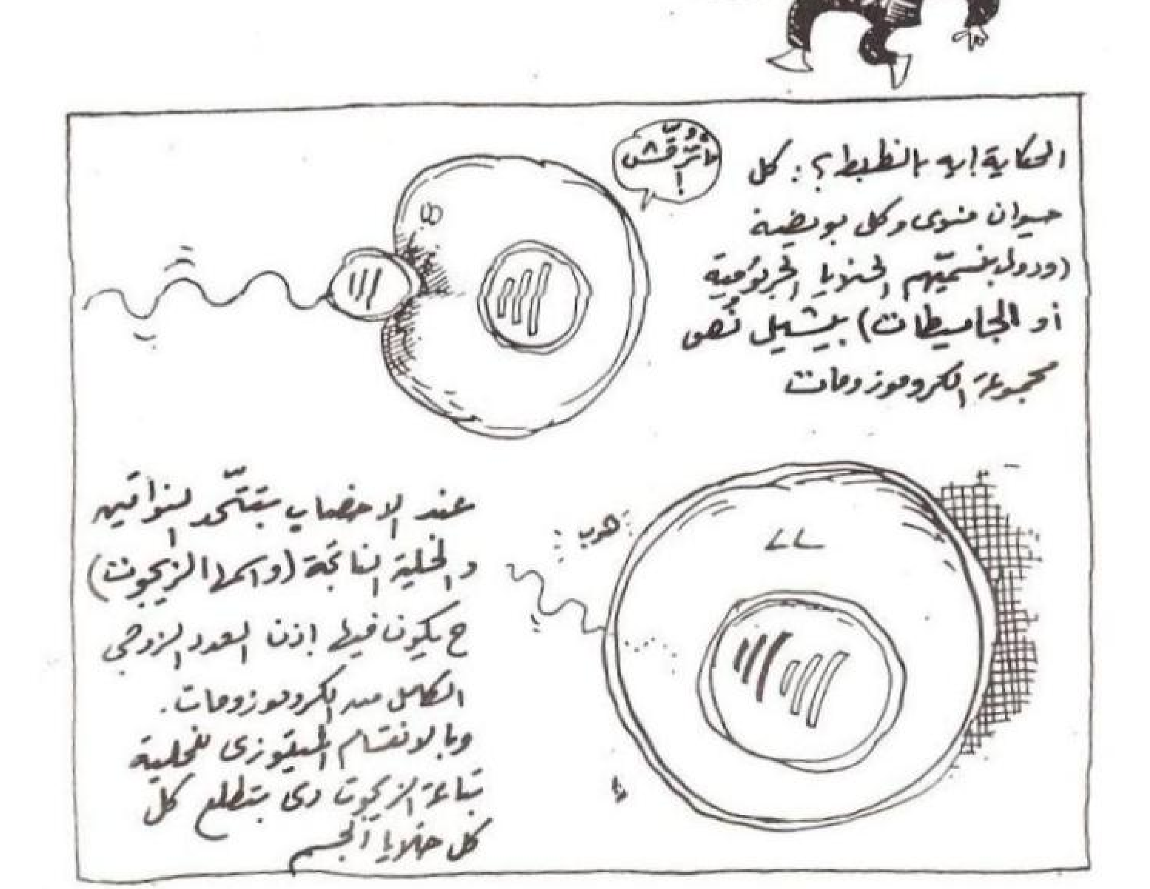
والنهاية دي اسمها الانقسام الميتوزي

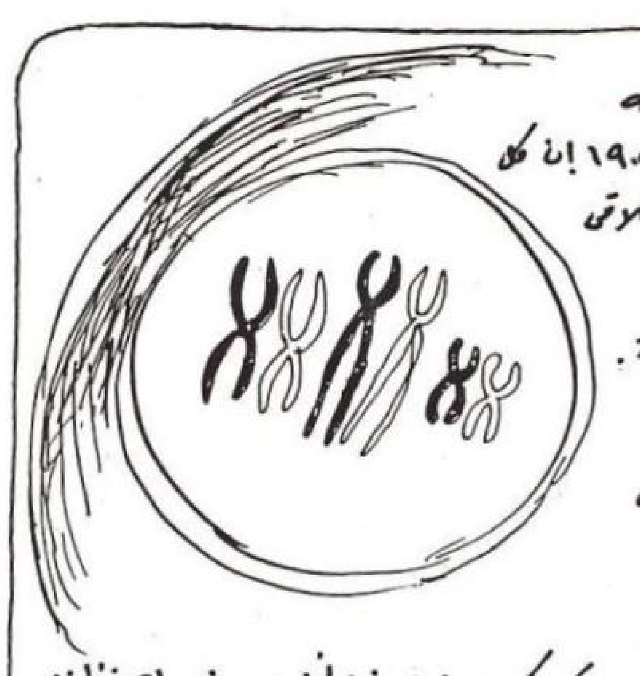

وعملية الانقسام الميتوزى دى عملية فى غاية الدقة، وبتضمن إن كل خلية «بنت» بتاخد مجموعة كاملة مظبوطة من الكروموزومات... ولهذا لازم نأكد إننا ح نلاقى إن كل خلية ح يكون فيها نفس العدد الكروموزومات - وكل نوع من الكائنات الحية له عدد مميز من الكروموزومات...
البنى آدم ٤٦
السانوس ٦
الكلب ٧٨
القط ٣٤
السمك الدهبى ٩٤
الكرنب ١٨


جايز تكون لاحظت من الصورة اللى فوق، إن عدد الكروموزومات فى الأنواع دايما بيكون زوجى - وده سبب بيخلينا على طول نقول إن الكروموزومات هيه مادة الوراثة نفسها!
واحنا معمولين من المادة اللى الجينات معمولة منها

وكانت دي الحقيقة







... فيه خواجه أمريكاني اسمه وليم صاطون اكتشف سنة ١٩٠٢ إن كل كروموزوم في الحيوان المنوي ح نلاقي له كروموزوم شبهه تمام - ومطابق له تقريبا - في البويضة. (وممكن نشوف ده أسهل لما الكروموزومات بتجي تتضاعف وتنكمش).

يعني فيه بالفعل نسختين من كل كروموزوم في الخلية - أزواج نظيرة من الكروموزومات - يعني الفردين بتوع كل جوز بيبقوا شكل بعض.

الإنسان مثلا خليته فيها ٤٦ كروموزوم، لكن دول في الحقيقة ٢٣ جوز نظير*: واحد من كل جوز جاي من ماما، وواحد جاي من بابا.

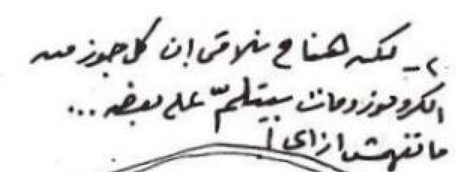


وده بيقترح إن لازم فيه طريقة خاصة من انقسام الخلايا اللي ح تنتج الجاميطات...

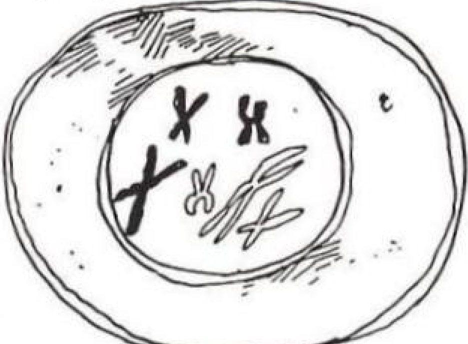
* باستثناء واحد، اسمه كروموزومات الجنس - وده ح نشرحه بعدين

د العملية دي بنسميها الانقسام الميوزي: ولكنه في الحقيقة انقسام مزدوج!

١- زي مابيحصل من الانقسام الميتوزي الكروموزومات بتتضاعف و بتتخن



٢- لكن هنا ح نلاقي إن كل جوز من الكروموزومات بيتلم على بعضه... ماتفهمش ازاي!

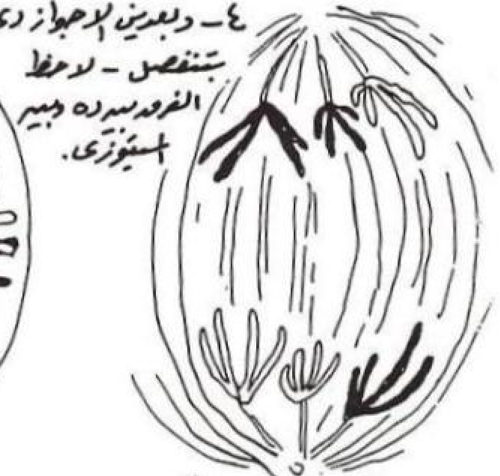




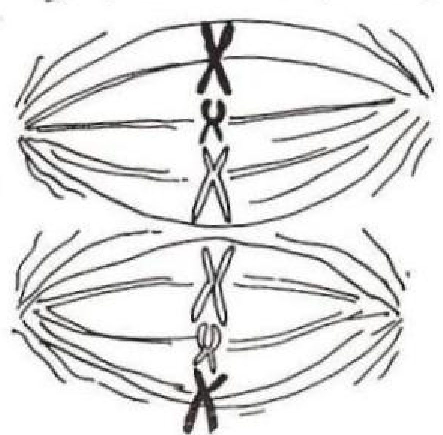
٣- وبعدين برضه بيظهر المغزل، والكروموزومات تتصف في مجاميع من أربعة... (ح نتكلم بعدين عن الحكاية دي)



٤- وبعدين الأجواز دي بتنفصل - لاحظ الفرق بين ده وبين الميتوزي.



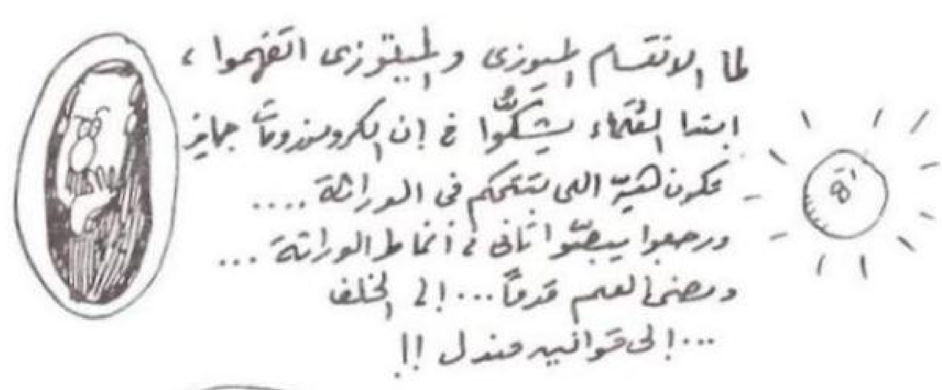
٥- وبعد ماتخلص التطبيقة، يختفي المغزل وتيجي مغازل جداد في التطبيقة التانية



٦- وبعدكده الكروموزومات تنفصل، زي مابيحصل في الميتوزي




يبقى الانقسام الميوزى بيطلّع من الخلية الواحدة أربع خلايا ـ كل خلية من الخلايا دول فيها نص عدد الكروموزومات: يعنى عددهم إنتا بنفسك ـ ٣ مش ٦ في الحالة بتاعتنا هنا...
إنما دايما واحد من كل جوز نظير
لاحظ إن أنهى كروموزوم بيروح أنهى خلية ده أمر متروك للصدفة ـ كل كروموزوم نظير له نفس الفرصة إنه يروح في أى خلية
عاوزين نعني نقول إن الكروموزومات بتخضع لقانون التوزيع الحر.





وعلى ناصية القرن ١٩ كان فيه تلات علماء عملوا تقريباً نفس تجارب
الراهب النمساوى مندل . ودول همّة :




أوبْس
أوبْس
أوبْس
المرة الجاية
لازم نزوّر الدولة
فى الخلفيات!
شفت ياغبي؟!
شفت ياغبي؟!
BOF
وبعد ماضربوا بعض بالشلاليت أعلن إبتدائه - ديفريز وكورينز وتشيرماك - اكتشافات مندل على العالم.
وفى خلال سنتين كان وليام ساطون شاف الازدواج النظير تبادل الكروموزومات فى خلايا حشرة النطاط، وبكده: العلم شاف الضوء!!
الحمد لله انني اللي اخترعت الضوء

نلخص بقى اللى قلناه

الجماعة دول بالظبط كده لقوا إيه؟

الإجابة ←

الكروموزومات لها بالظبط نفس سلوك الجينات. بتحفظ شخصيتها فى الأجسام، بتتوزع توزيع مستقل لما تيجى تعمل الخلايا الجرثومية. نقدر بقى نقول إن الجينات موجودة على الكروموزومات (لازم بقى يكون على كل كروموزوم عدد كبير من الجينات، لأن لازم فيه جينات أكتر بزمان من الكام جوز كروموزومات بتوع كل نوع!!)

A B c d E f الخ!

والحقيقة إن اكتشاف أزواج الكروموزومات النظيرة لخص العلاقة بتاعة مندل. فاكر - ولا نسيت؟ - إن كل خلية فيها جوز البيلات لكل جين؟ العلماء عرفوا دلوقتى

إن النسختين بتوع أى جين موجودين على نفس النقطة فى الكروموزومين النظيرين.

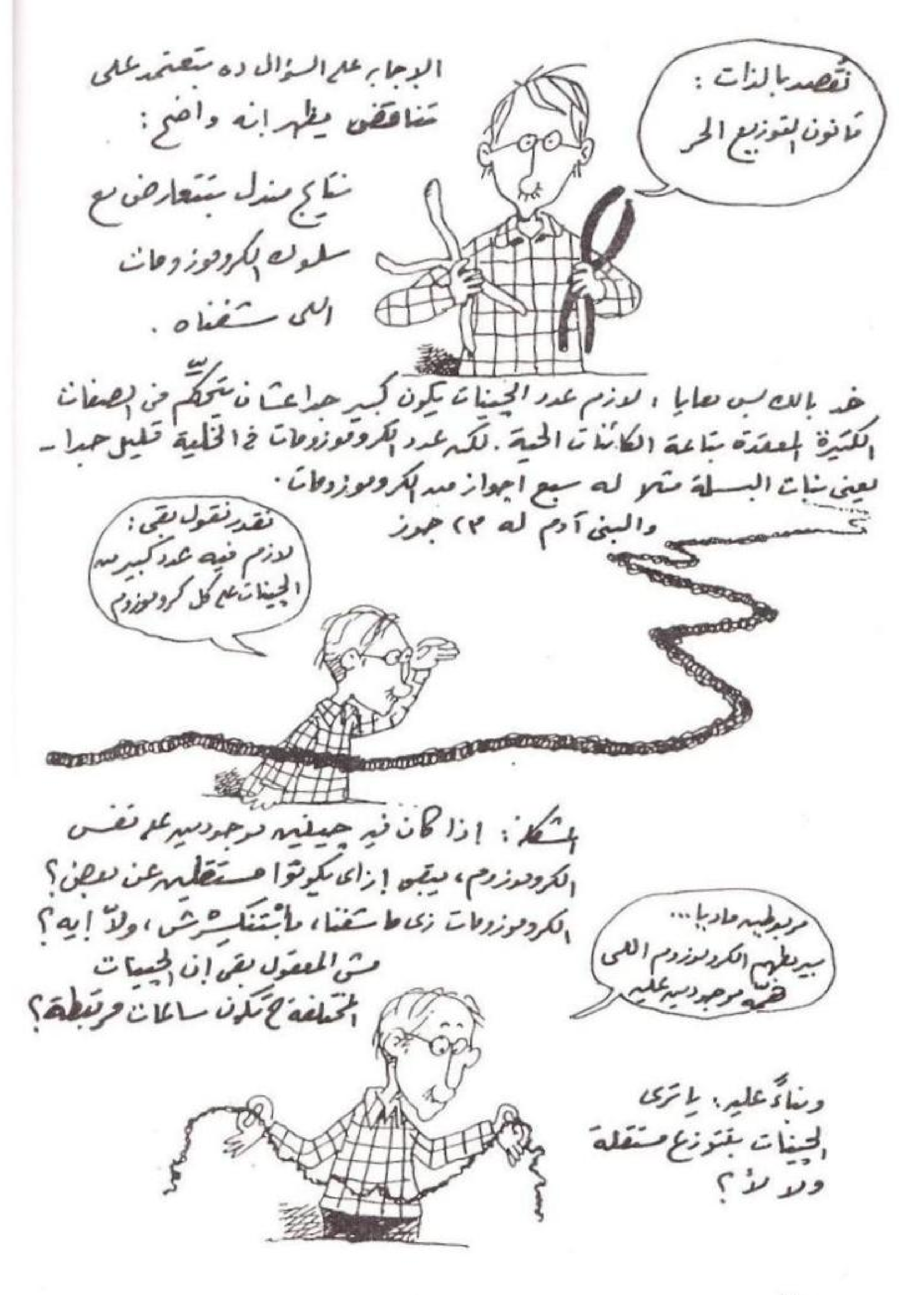
يعنى إذا كان جين من الأتنين بتوع الطول موجود هنا ←

← يبقى لازم النسخة التانية تكون هنا

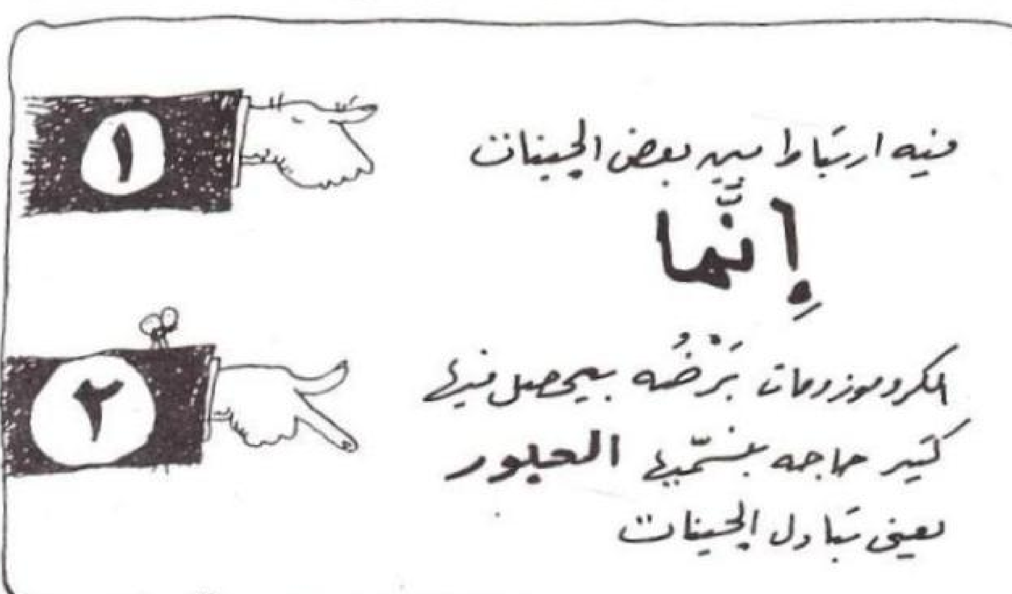
واتضح إن ده كله صحيح... لكن العلماء قعدوا يتحروا فى الموضوع واكتشفوا شوية حاجات مندل ماعرفهاش


أول كل حاجه: إن مش كل الكائنات الحية
لها مجموعة زوجية من الكروموزومات. فيه
كائنات دُنيا - زى بعض الفطر - لها
مجموعة واحدة بس
أدنى من مين يعني؟
والخلية اللى لها مجموعة واحدة بس
بنسميها "فردانية" واللى لها
مجموعتين بنسميها "ثنائية".
خلايا أجسامنا إحنا ثنائية،
إنما خلايانا الجنسية (الحيوانات
المنوية والبويضات) فردانية.
والكائنات الثنائية منها كل الثدييات اللى نعرفها
وكل الطيور وكتير جدا من النباتات. والكائنات
الفردانية منها ذكور النحل وكتير من الطحالب
والكائنات غير الجنسية وحيدة الخلية.
وجنب دول فيه كمان كائنات
متعددة المجاميع الكروموزومية،
يعني فيها أكتر من مجموعتين.
وفيه عدد مش معقول من النباتات
اللى انت تعرفها متعددة المجاميع
(البسلة مش منهم على أى حال!)
زى البطاطس
والمشكلة التانية المهمة فى نظرية مندل هى قانون التوزيع الحر.
لما العلماء قاسوا الكمية الخطأ فيه قدروا يرسموا خريطة بتبين
بالضبط كل جين موجود فين على أى كروموزوم ....
كمّل معايا ←


رَسْم الخرايط :
الجينات عند مندل واللي جُم وراه كانت تجريدات - حروف تقدر تلعب بيها، وتتنبأ منها بالصفات اللي ح تورث للأجيال الجديدة
دول زي الأشباح... يلاعبونا إنما ماتقدرش نمسكهم!
اتضح دلوقتي إن حاجات مادية موجودة بنظام مظبوط على طول الكروموزومات بتاعة كل خلية، والأليليه بتوع كل جين موجودين على الكروموزومين بتوع كل جوز نظير.
دول موجودين بصحيح زي المطبات من الطريق!!
الواحد ممكن بقى يبتدي يفكر ويقول: يا ترى ممكن نرسم خريطة جينية ستوضح بالظبط مكان وحدات الوراثة دي على كل كروموزوم؟!


الإجابة على السؤال ده بتعتمد على
تناقض يظهر إنه واضح:
نتايج مندل بتتعارض مع
سلوك الكروموزومات
اللى شفناه.
تقصد بالذات:
قانون التوزيع الحر
خد بالك من دى بقى، لازم عدد الجينات يكون كبير جداً عشان تتحكم فى الصفات
الكثيرة المعقدة بتاعة الكائنات الحية. لكن عدد الكروموزومات فى الخلية قليل جداً.
يعنى نبات البسلة مثلاً له سبع أجواز من الكروموزومات.
والبنى آدم له ٢٣ جوز
نقدر نقول بقى:
لازم فيه عدد كبير من
الجينات على كل كروموزوم
المشكلة: إذا كان فيه جينين موجودين على نفس
الكروموزوم، يبقى إزاى يكونوا مستقلين عن بعض؟
الكروموزومات زى ما شفنا، ما بتتكسرش، ولا إيه؟
مش المعقول بقى إن الجينات
المختلفة ح تكون ساعات مرتبطة؟
مرتبطين ماديا...
بيربطهم الكروموزوم اللى
هما موجودين عليه
وبناءً عليه، ياترى
الجينات بتتوزع مستقلة
ولا لأ؟

الحقيقة بقى إنه اتضح إن زى ماتقول
كده : نُصّ نُصّ ...



عشان التوضيح، خلّينا كده
نبصّ على سلالة الطماطم اللى
بناكلها :



... بس حاول ماتاكلهوش
المثال لحدّ الدرس
مايخلص ...

فيه من الطماطم أليل متنحي اسمه p ، بيخلّي الحبّاية عليها زغب..
(طبعاً مش ح تلاقيها كتير في السوق!)

أوووه ... طماطم مشكلفة بصحيح!

جديدة! طماطم أم فروة

فيه أليل متنحي تاني اسمه d بيخلّي نبات الطماطم يبقى قزعة.

دي تقرف!

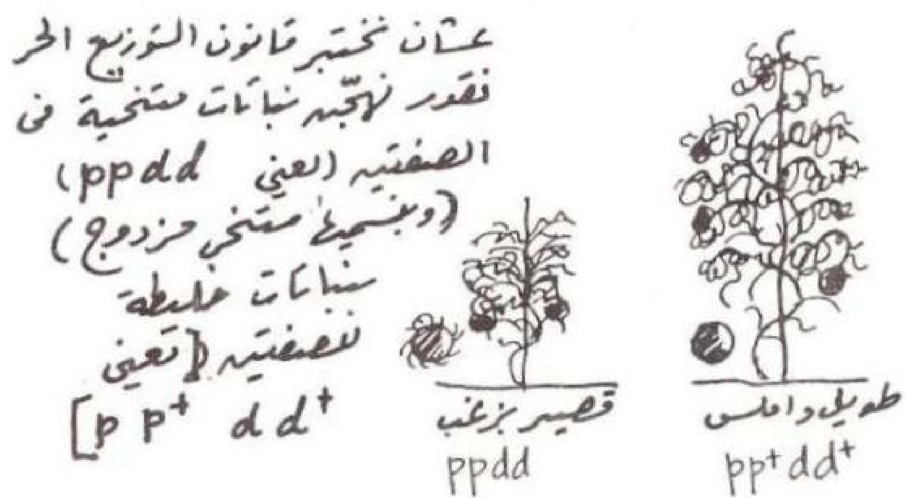
عجبتك؟

والأليلات السايدين بتوع دول همه:

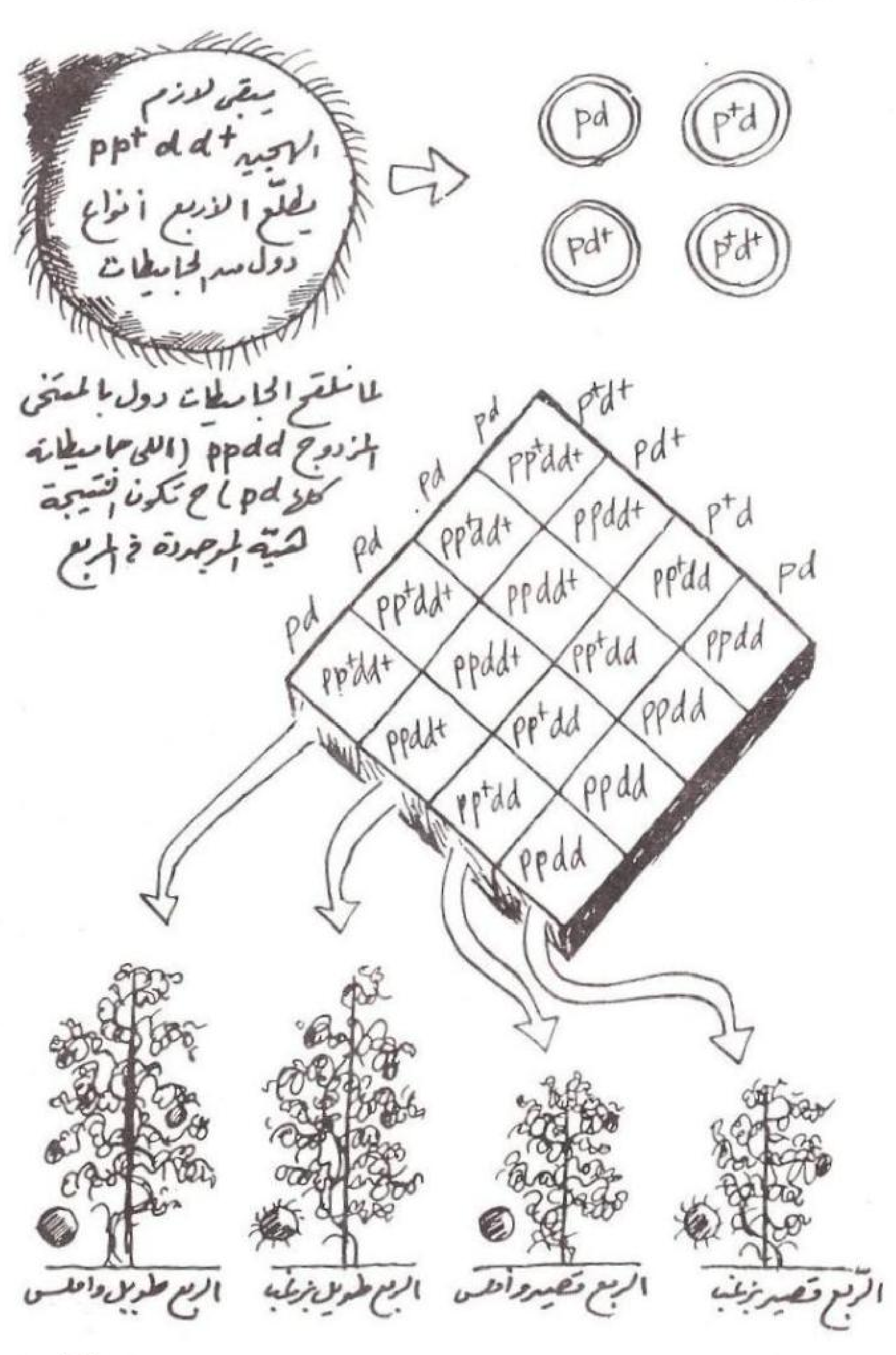
p^+ اللي بيخلّي التمرة ملساء

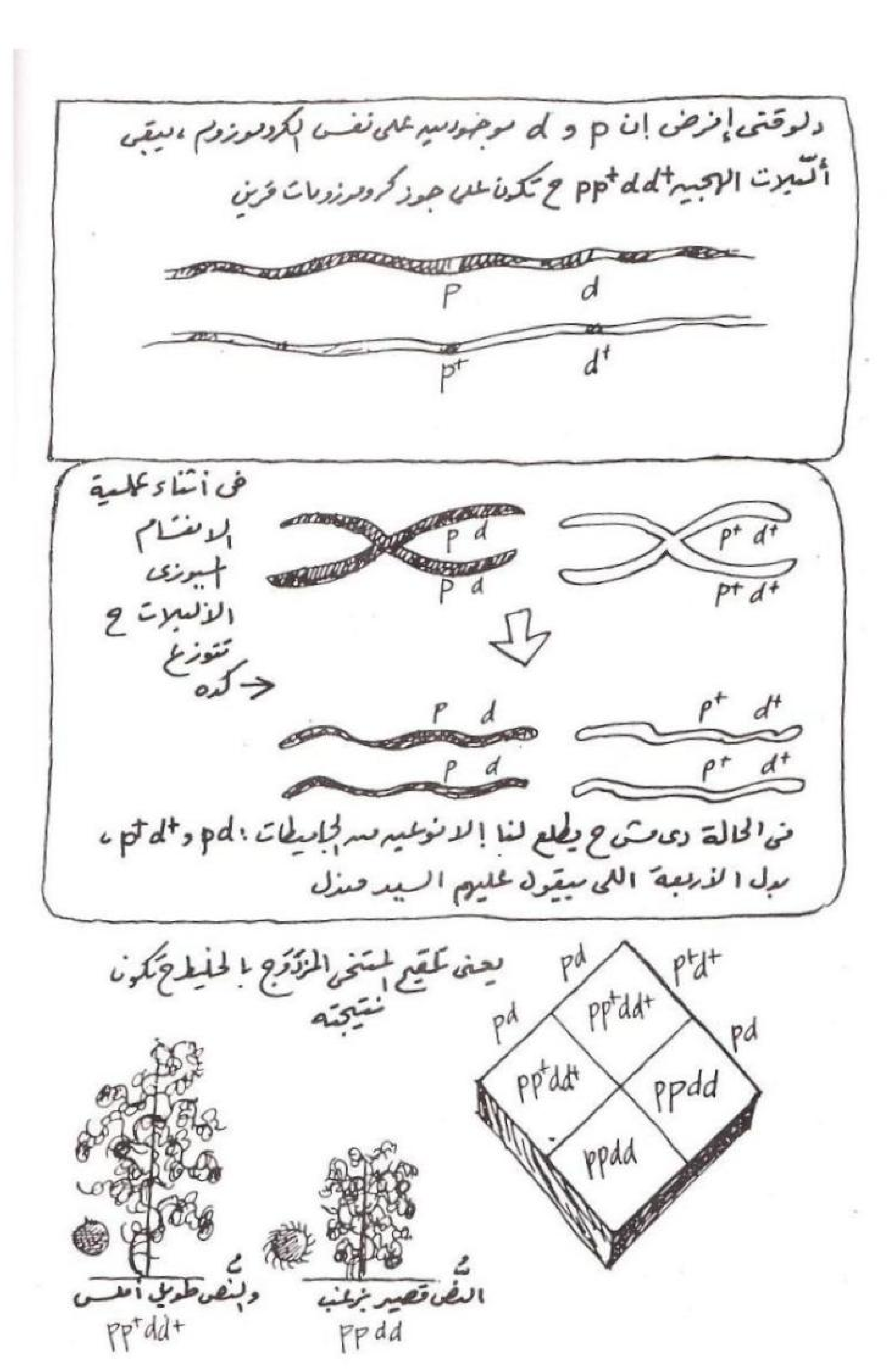
و

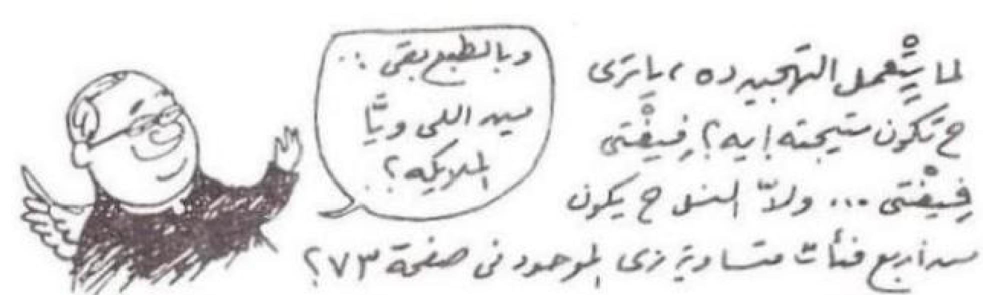
d^+ اللي بيخلّي النبات طويل



إفرض بقى إن مندل كان صح وإن جين الطول كان مستقل عن جين القشرة:




دلوقتي إفرض إن p و d موجودين على نفس الكروموزوم، يبقى
الأليلات الهجين pp^+dd^+ ح تكون على جوز كروموزومات قرين
p d
p^+ d^+
في أثناء عملية الانقسام الميوزي الأليلات ح تتوزع كده ←
p d
p d
p^+ d^+
p^+ d^+
في الحالة دي مش ح يطلع لنا إلا نوعين من الجاميطات: pd و p^+d^+،
بدل الأربعة اللي بيقول عليهم السيد مندل
يعني تلقيح المتنحي المزدوج بالخليط ح تكون نتيجته
pd
p^+d^+
pd
pd
pp^+dd^+
pp^+dd^+
ppdd
ppdd
والنص طويل أملس
pp^+dd^+
النص قصير بزغب
ppdd



أسف يابى جرجور يا مندل!

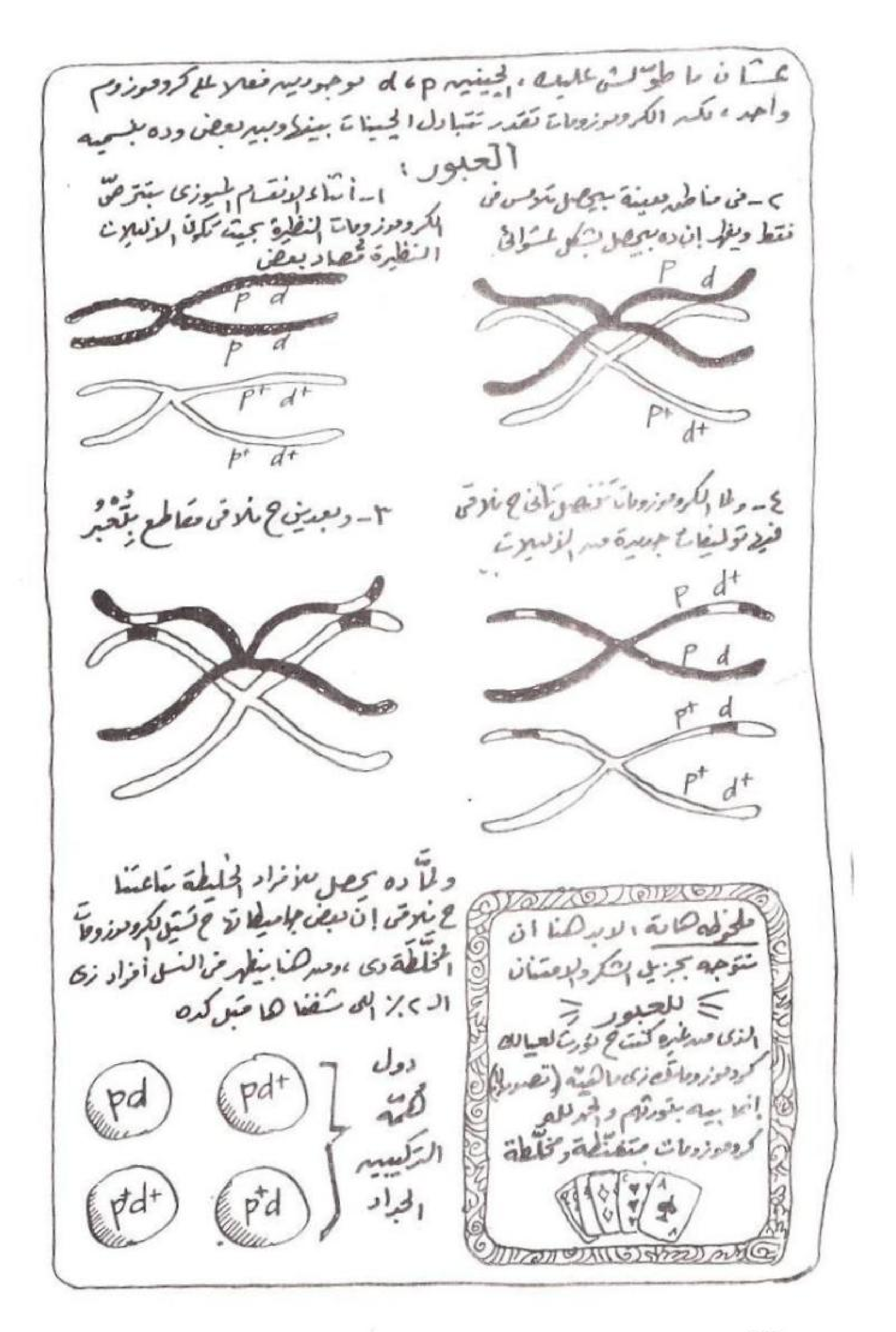
باين إن التوقعية الاثنين غلط! بتظهر الفئات الأربعة إنما بالنسب دى:

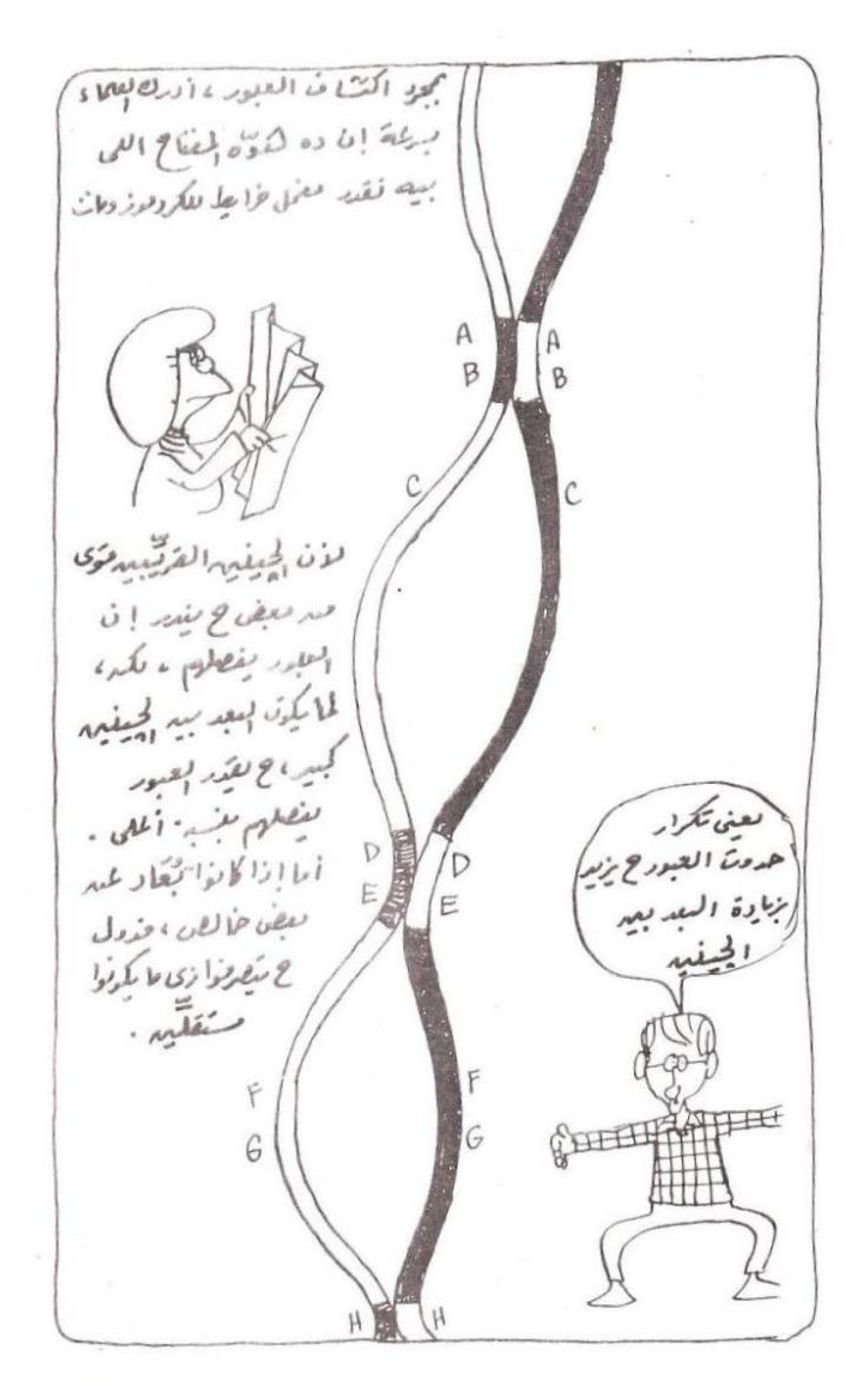
قصير زغب	قصير أملس	طويل زغب	طويل أملس
pp dd	pp⁺dd	ppdd⁺	pp⁺dd⁺
٪ ٤٨	٪ ٢	٪ ٢	٪ ٤٨

المؤكد إن النتايج دى أقرب لفكرة الارتباط مش لفكرة مندل.
لكن... إذا كانت d و p مرتبطين، منين بقى جت التوليفتين بتوع الـ ٢٪ دول

لكن ماتنسوش إننى قلت من زمان طويل...

أوكيه.. أنا أقدر أتحمل الصدمة دى


عشان ما طولتش عليكم، الجينين p، d موجودين فعلاً على كروموزوم واحد، لكن الكروموزومات تقدر تتبادل الجينات بينها وبين بعض وده بنسميه
العبور:
١- أثناء الانقسام الميوزي بتتزاوج الكروموزومات النظيرة بحيث تكون الأليلات النظيرة قصاد بعض
p d
p d
p+ d+
p+ d+
٢- في مناطق معينة بيحصل تلامس في نقط ويظهر إن ده بيحصل بشكل عشوائي
P d
P+ d+
٣- وبعدين ح تلاقي مقاطع بتتعبر
٤- ولما الكروموزومات تنفصل تاني ح تلاقي فيه توليفات جديدة من الأليلات
P d+
P d
p+ d
p+ d+
ولما ده يحصل مع أفراد الخليطة ساعتها ح نلاقي إن بعض جاميطات ح تشيل الكروموزومات المخلطة دي، وعشان كده بيظهر في النسل أفراد زي الـ ٧٪ اللي شفناها قبل كده
pd
pd+
p+d+
p+d
دول الطرز التركيبية الجداد
ملحوظة جانبية، لا بد هنا أن نتوجه بجزيل الشكر والامتنان للعبور
اللي من غيره كنت ح تورث لعيالك كروموزومات زي ما هيّه (تصوّر!)
إنما بيه بتورثهم
كروموزومات متفنطة ومخلطة


بمجرد اكتشاف العبور، أدرك العلماء بسرعة إن ده هوّه المفتاح اللى بيه نقدر نعمل خرايط للكروموزومات
A
B
A
B
C
C
لأن الجينات القريّبة قوى من بعض ح يندر إن العبور يفصلهم، لكن، لما يكون البعد بين الجينات كبير، ح نلقى العبور بيفصلهم بنسبة أعلى. أما إذا كانوا بُعاد عن بعض خالص، فدول ح يتصرفوا زى ما يكونوا مستقلّين.
D
E
D
E
F
G
F
G
H
H
يعنى تكرار حدوث العبور ح يزيد بزيادة البعد بين الجينات



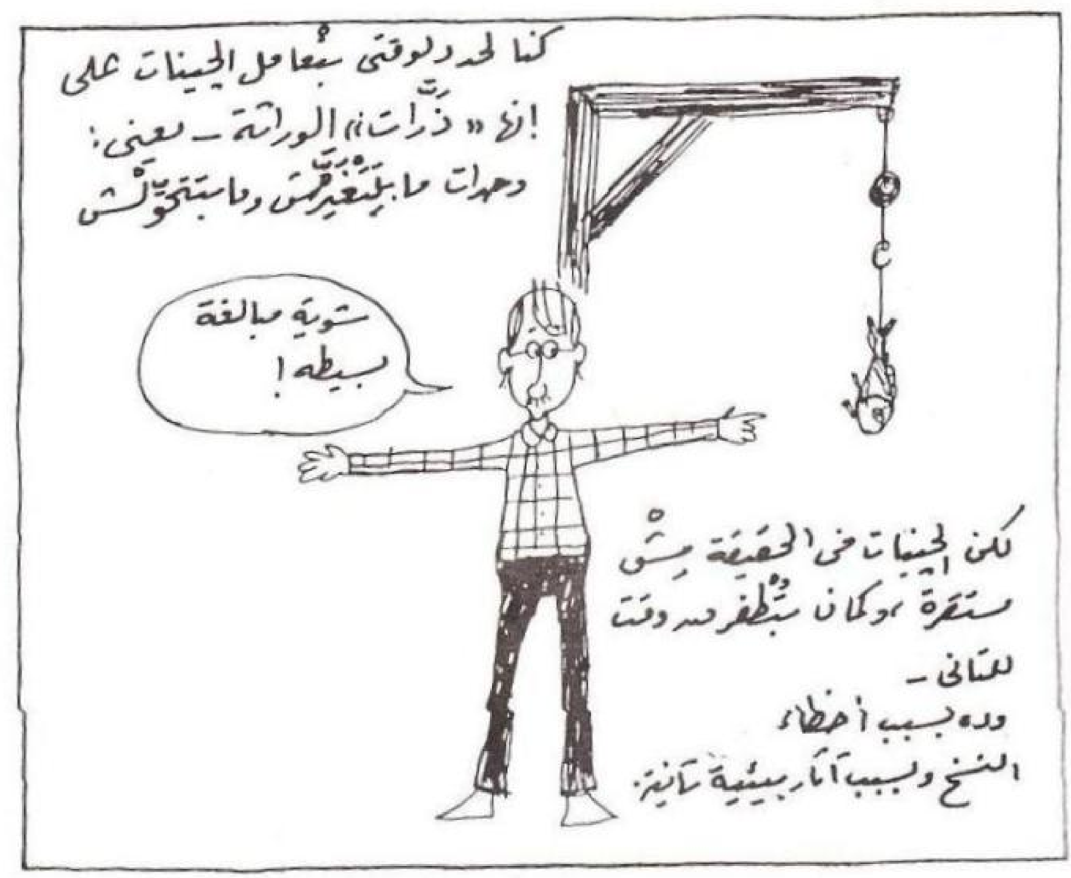
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	.27	.03	.04	.33	.48	.19	.41
B	.27	0	.24	.31	.36	.45	.16	.44
C	.03	.24	0	.07	.30			
D	.04	.31	.07	0				
E	.33	.36	.30		0			
F	.48	.45				0		
G	.19	.16						
H	.41	.44						0

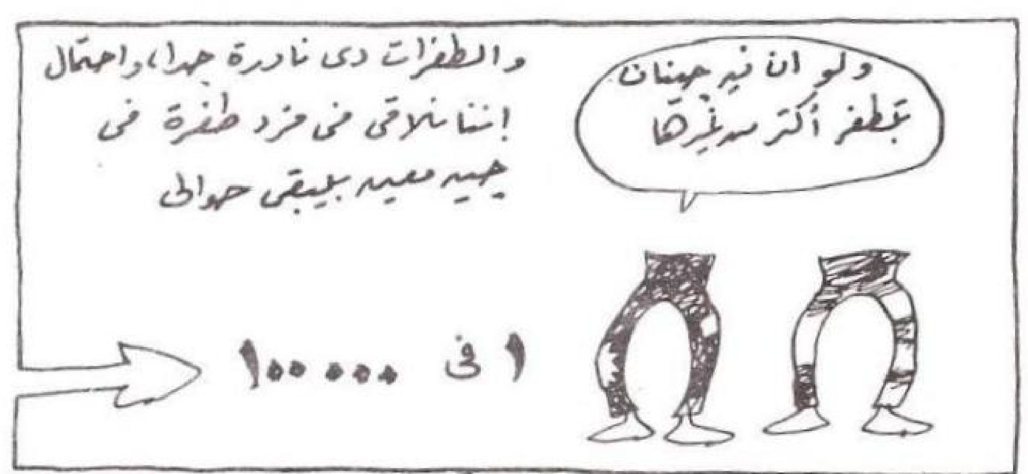
من سنة ١٩١٣ واشتغل على ودنه في رسم الخرايط في عدد كبير من الكائنات الحية. مثلا عرفوا يحطوا علي خريطة بكتريا أ. كولاي حوالي ١٠٠٠ جين، وحوالي ٣٠٠ في الطماطم، وحوالي ٥٠٠ في الفار، وكام مية في البني آدمين* [ولو ان ده في البني آدمين اتعمل بطريقة تانية]

* طبعا الأرقام دي زادت خالص دلوقتي [المترجم]

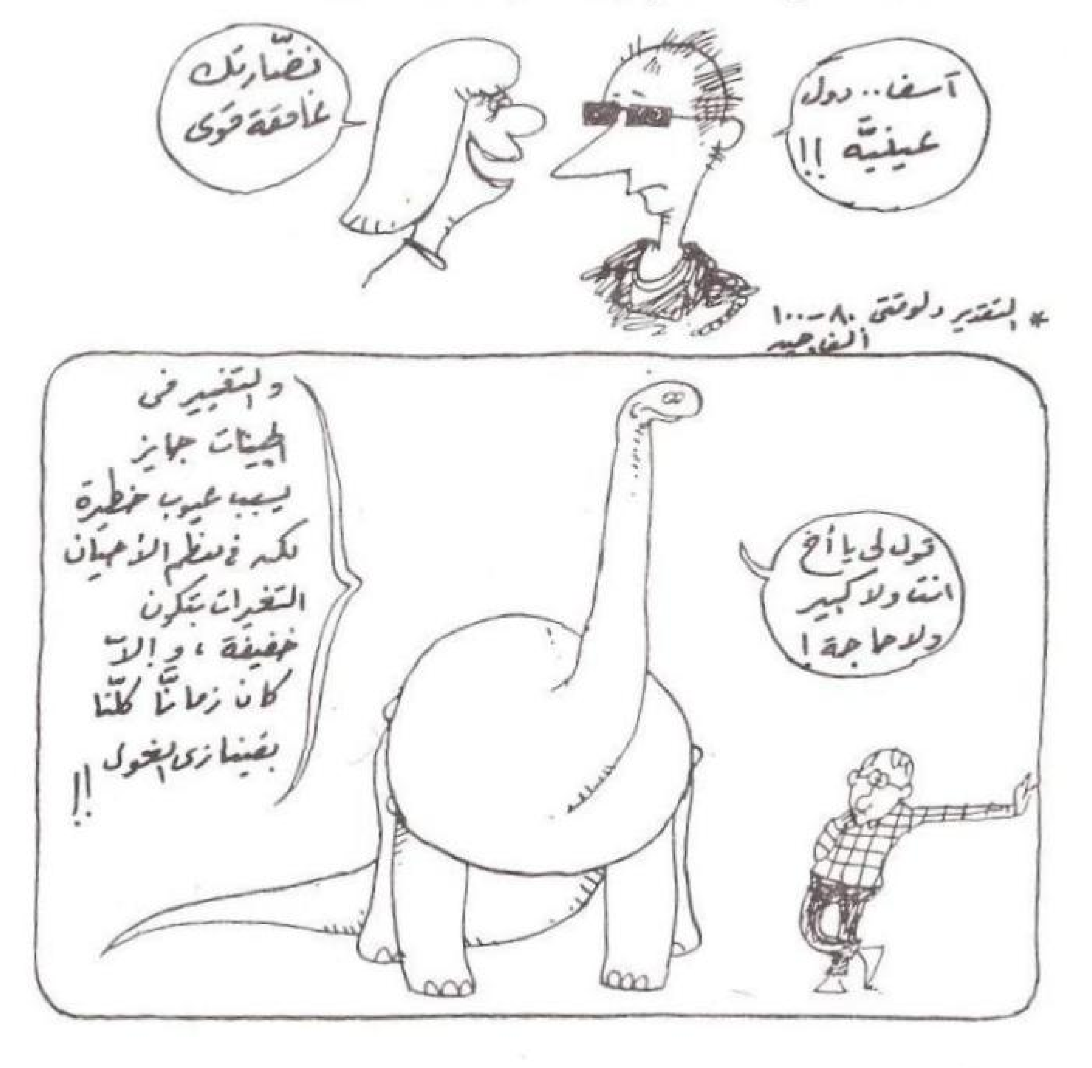
الطَفْرَة، أو تَغَيُّر الجينَات



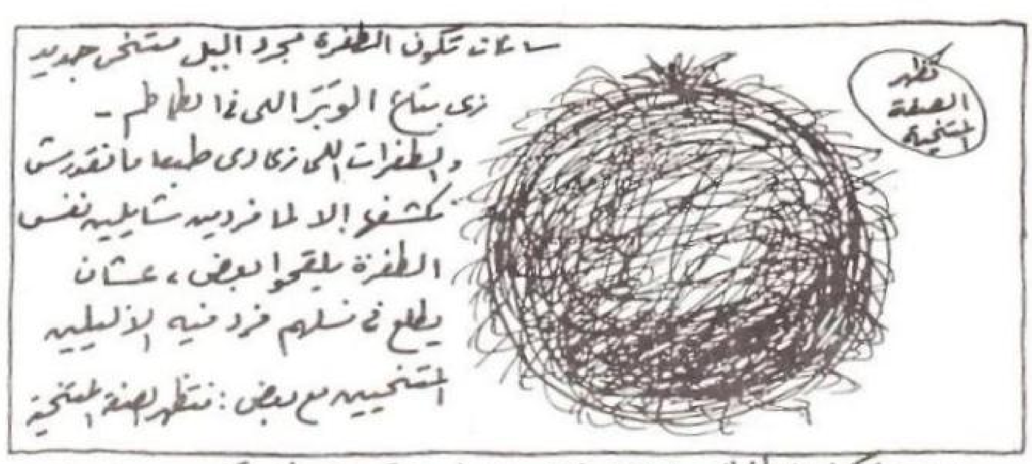




لكن حتى مع النسبة الضعيفة دى ح نلاقيها بتتراكم. بيقولوا إن البنى آدم فيه حوالى ٢٠٠ ألف جين*، يعنى الواحد بيشيل لحد ٢ فى المتوسط طفرتين جداد !



* التقدير دلوقتى ٨٠-١٠٠ ألف جين



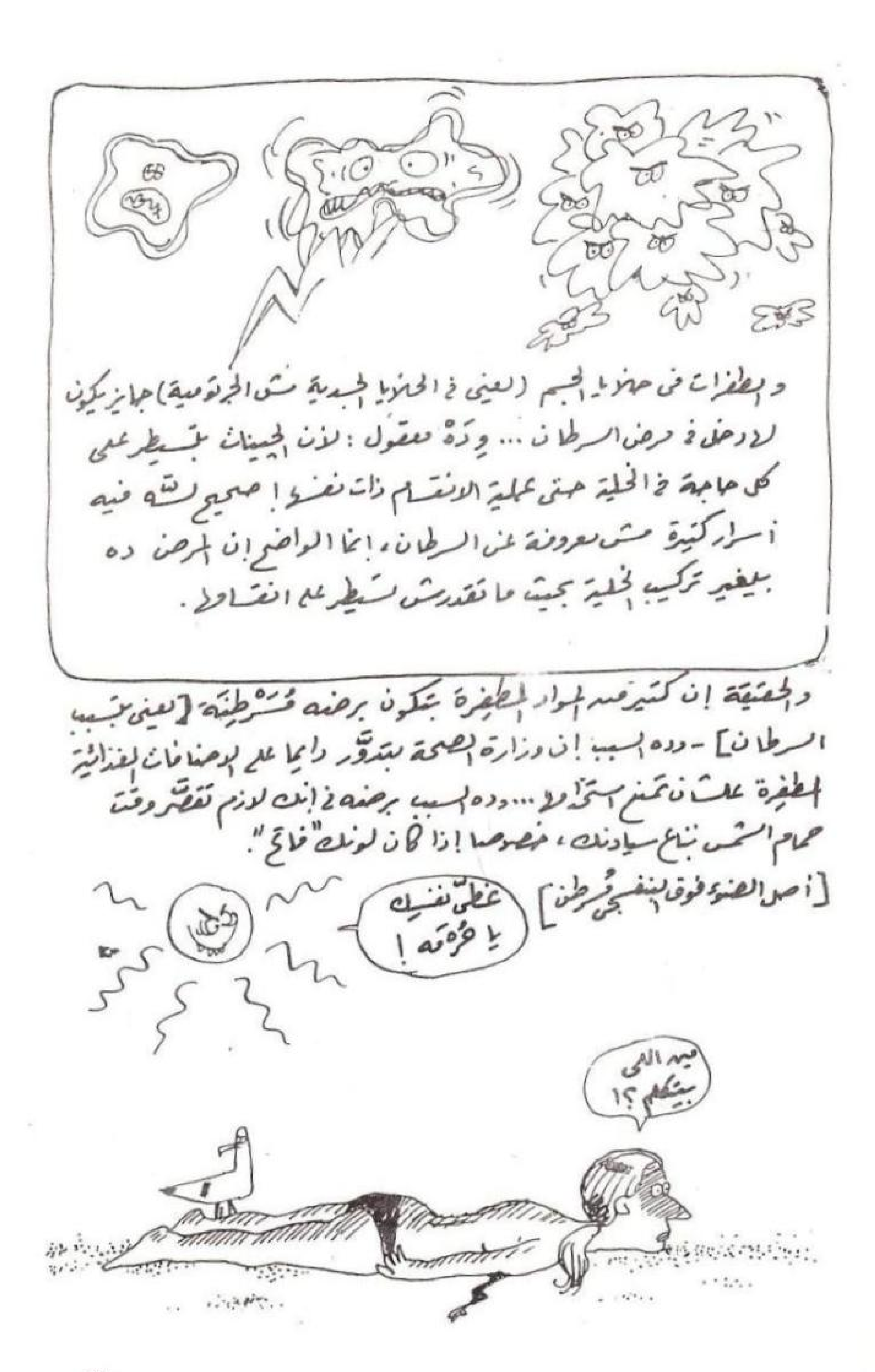
وساعات تكون الطفرة صامتة خالص، يعنى ماتسببش أى تغيير، وساعات
بتسبب تغيرات بسيطة جدا بحيث مانقدرش نحس بيها

مثلا... زى لما المناخير دى تزيد طولها ملليمتر واحد!

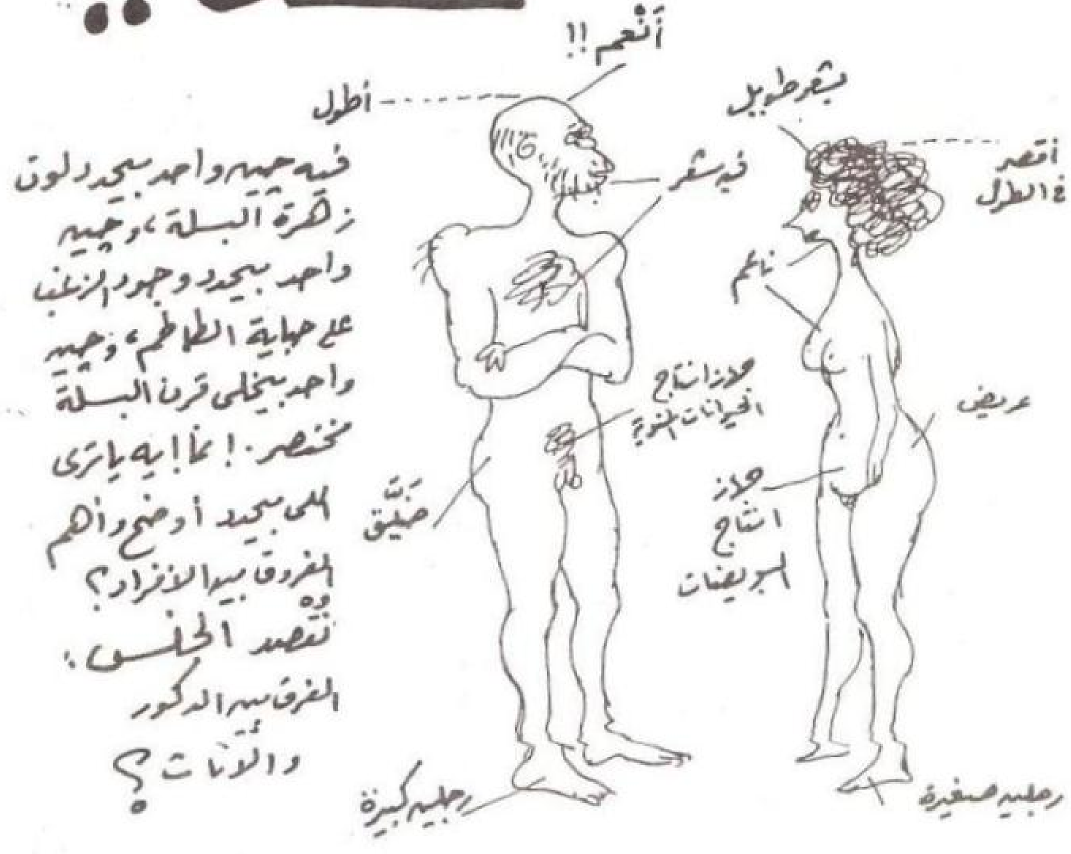
لكن، فى أحيان كتيرة بيكون "الخطأ" الوراثى ده مفيد للكائن اللى ظهر فيه!!

ياخبر!! تبقى البيضة ظهرت فعلاً قبل الفرخة!

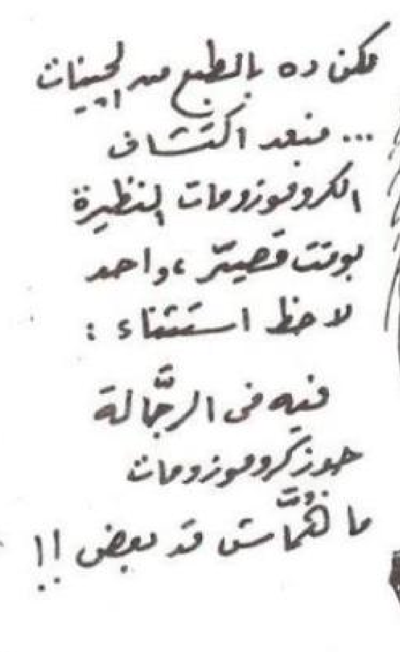

والطفرات مش دايما تطلع لوحدها كده.. فيه تأثيرات كتيرة من الخارج بتزود الطفرات عن المعدل الطبيعي، والعوامل دي بنسميها عوامل مُطفرة
بعض الكيماويات مطفرة
وبرضه معظم الإشعاع. هيرمان موللر كان أول واحد وضح سنة ١٩٢٧ إن أشعة X بتسبب الطفرات، وعرف ده بأنه عرّض شوية دبان فاكهة للإشعاع
(الدبانة دي عم فكرة حقيقية بتوع الوراثة)
برافو يا هيرمان .. قلل الجرعة!
بجد
أيوه؟

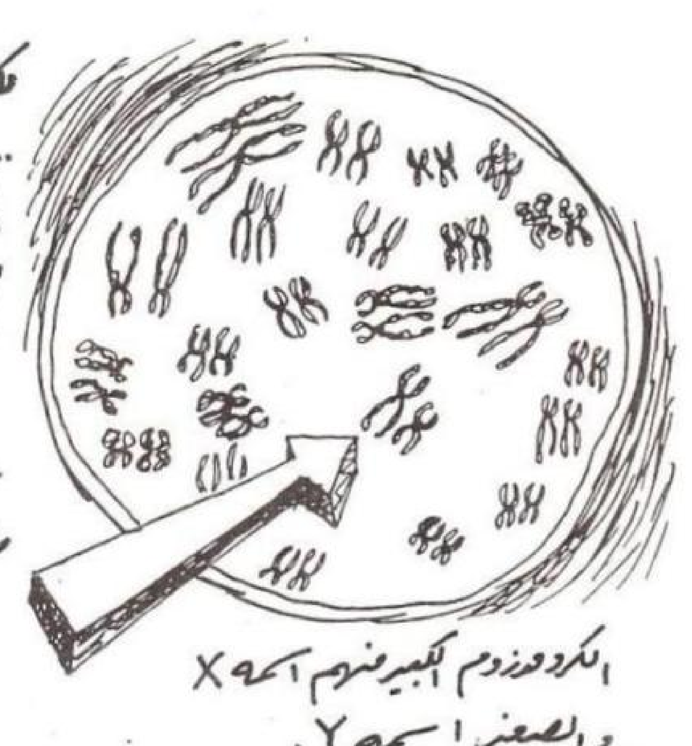

والطفرات فى خلايا الجسم (يعنى فى الخلايا الجسدية مش الجرثومية) جايز يكون
لها دخل فى مرض السرطان ... ودَه معقول: لأن الجينات بتسيطر على
كل حاجة فى الخلية حتى عملية الانقسام ذات نفسها! صحيح لسه فيه
أسرار كتيرة مش معروفة عن السرطان، إنما الواضح إن المرض ده
بيغير تركيب الخلية بحيث ما تقدرش تسيطر على انقسامها.
والحقيقة إن كتير من المواد المطفرة بتكون برضه مُسَرْطِنة [يعنى تسبب
السرطان] - ودة السبب إن وزارة الصحة بتدوّر دايما على الإضافات الغذائية
المطفرة علشان تمنع استخدامها ... وده السبب برضه فى إنك لازم تقصّر وقت
حمام الشمس بتاع سيادتك، خصوصا إذا كان لونك "فاتح".
[أصل الضوء فوق البنفسجى مُسرطن]
غطى نفسك يا قُرَّه!
مين اللى بيتكلم؟!

إيه ياترى اللى بيحدد الجنس؟؟





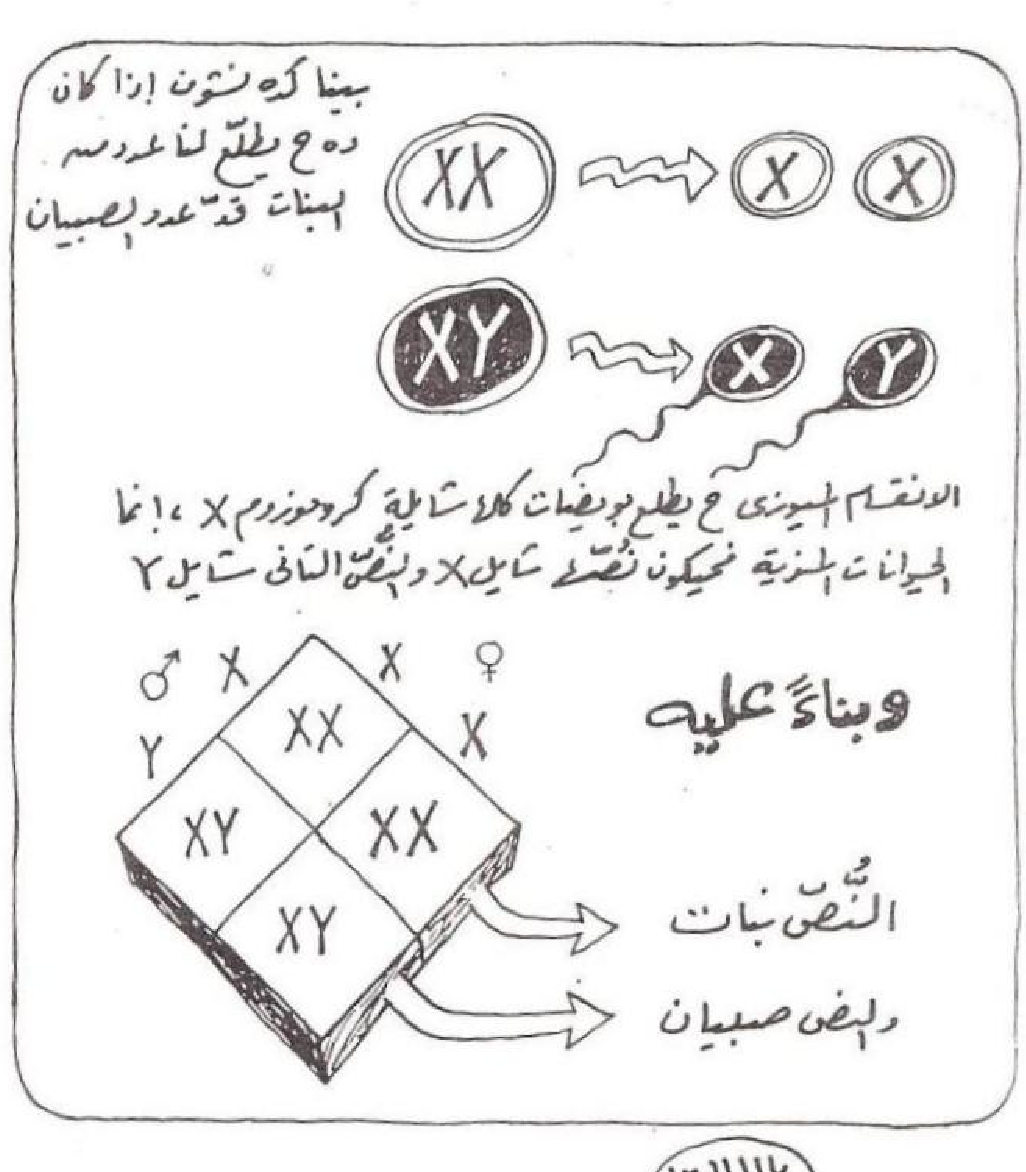




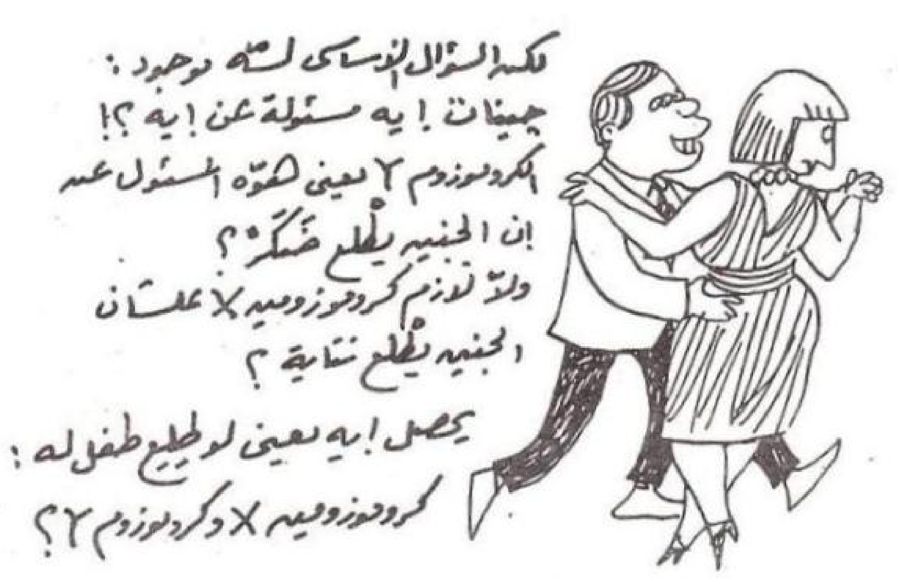
والفرق الوراثي الوحيد بين ذكور الإنسان وإناثه (يعني بين الرجّالة والستات) هوه ده :

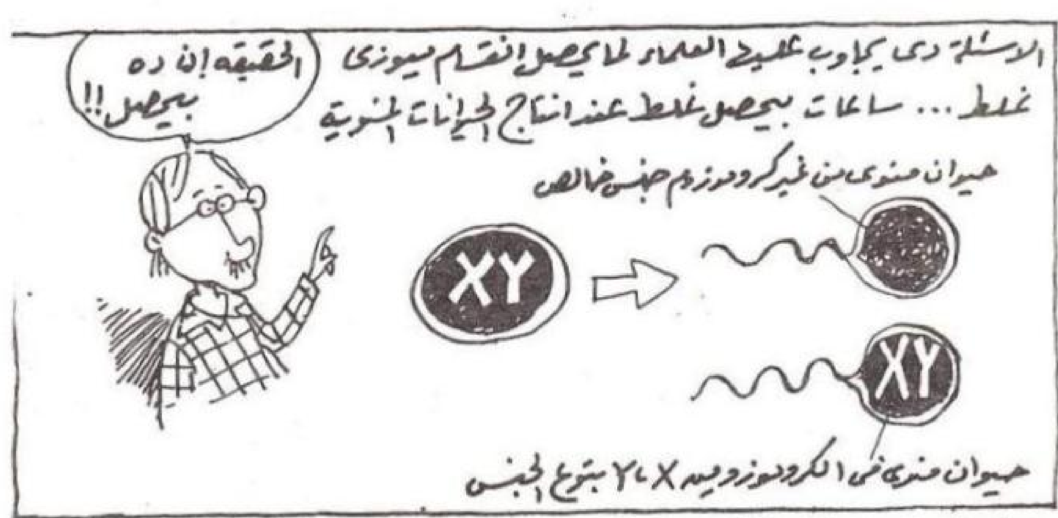


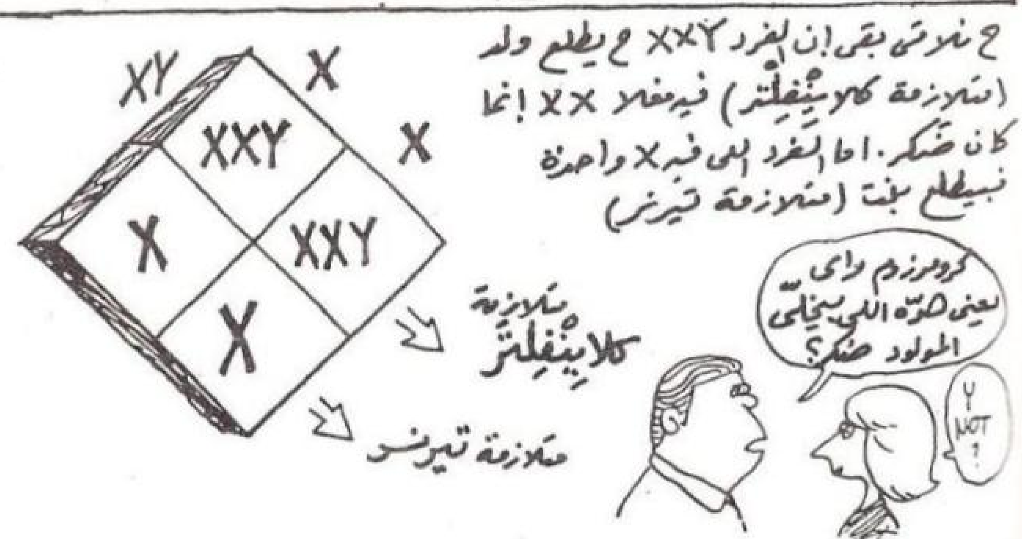
وبقية الـ٢٢ جوز من الكروموزومات بتبقى زي بعض في الرجّالة والستات .


بعينا كده نشوف إزا كان
ده ح يطلع لنا عدد من
البنات قد عدد الصبيان
XX
X
X
XY
X
Y
الانقسام الميوزى ح يطلع بويضات كلها شايلة كروموزوم X ، إنما
الحيوانات المنوية حيكون نصها شايل X ونصها التانى شايل Y
♂ X X ♀
Y X
XX
XY XX
XY
وبناءً عليه
النص بنات
والنص صبيان

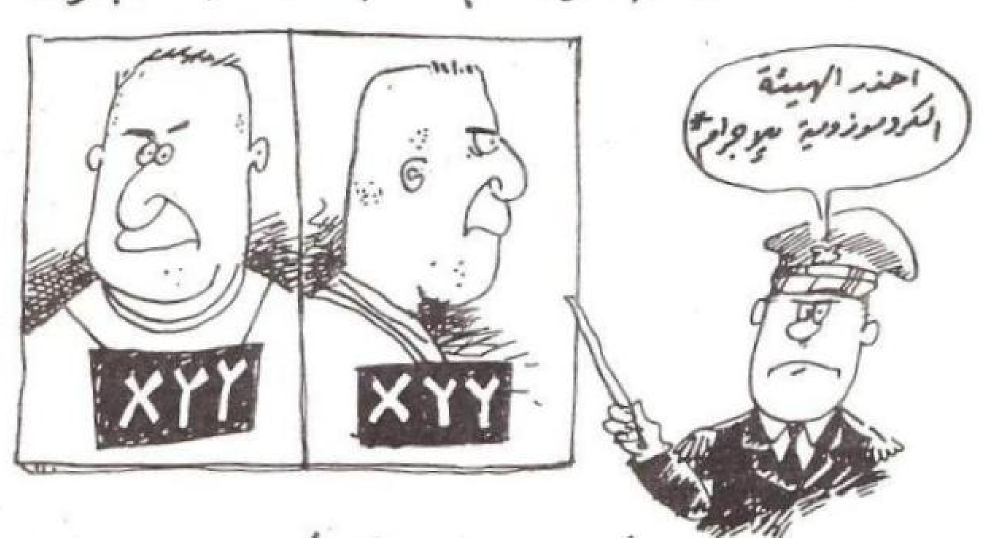

يااااه!
الحمد لله!


فلسّه السؤال الأساسى لسّه موجود :
جينات إيه مسئولة عن إيه ؟!
الكروموزوم Y يعنى صحّه المسئول عن
إن الجنين يطلع ضكر ؟
ولّا لازم كروموزومين X علشان
الجنين يطلع نتاية ؟
يحصل إيه يعنى لو طلع طفل له :
كروموزومين X وكروموزوم Y ؟


الأسئلة دى يجاوب عليها العلماء لما يحصل انقسام ميوزى غلط ... ساعات بيحصل غلط عند انتاج الحيوانات المنوية
الحقيقه إن ده بيحصل !!
حيوان منوى من غير كروموزوم جنس خالص
حيوان منوى فى الكروموزومين X، Y بتوع الجنس

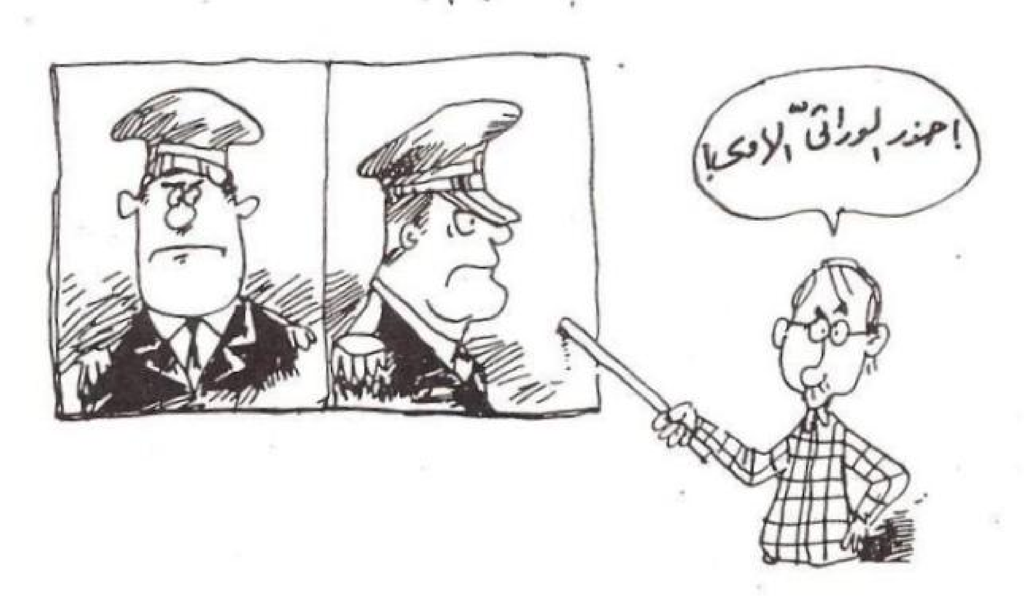

ح نلاقى بقى إن الفرد XXY ح يطلع ولد (متلازمة كلاينفلتر) فيه فعلا XX إنما كان ضكر . اما الفرد اللى فيه X واحدة فبيطلع بنت (متلازمة تيرنر)
متلازمة كلاينفلتر
متلازمة تيرنر
كروموزوم واى يعنى صحّه اللى بيخلى المولود ضكر ؟
Y NOT ?

فيه شذوذ تاني بيحصل برضه وبيطلّع الذّكر السوبر XYY، وده بيحصل بنسبة حوالي واحد في الألف من المواليد - ودول بيطلعوا صبيان عاديين، لكن بتنتهي حياتهم بالسجن بنسبة توصل ١٠ أضعاف الصبيان اللي تركيبهم XY.
ح نلاقي إن حوالي ٥٪ من المساجين عندهم كروموزوم Y زايد. فيه ناس تتقول:



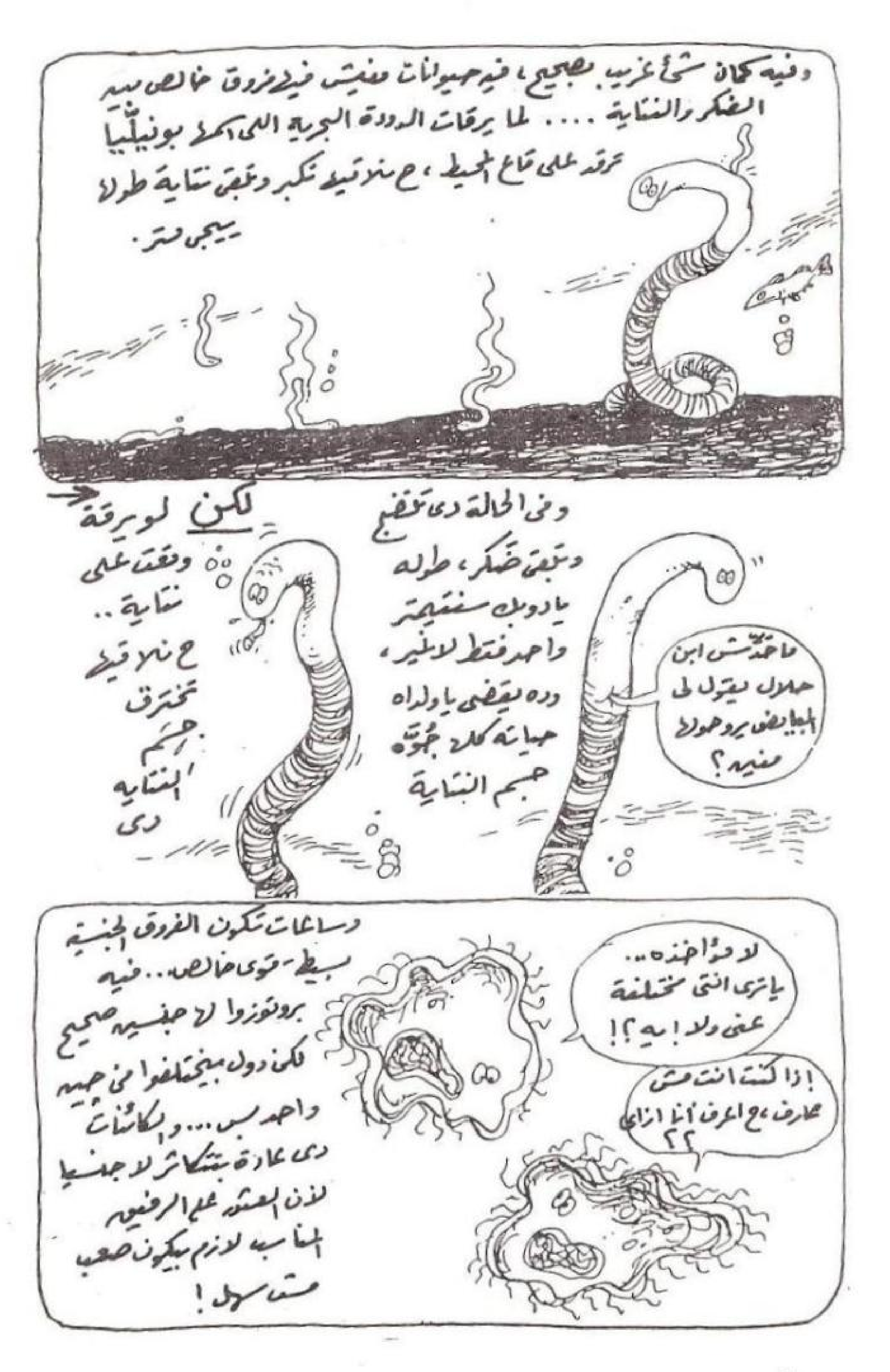
* الهيئة الكروموزومية يعني النظام الكروموزومي بتاع الفرد

لكن معظم الوراثيين دايما بيكونوا أكتر حرصاً... لأن أغلبية الذّكور اللي تركيبهم XYY (يعني ٩٥٪ منهم) ما بيروحوش السجن!!! وعشان كده يستحيل نقول إن الهيئة الكروموزومية XYY بتسبب الإجرام!




يعنى الحيوانات برضه بتعلاع بالإكس والواى ؟

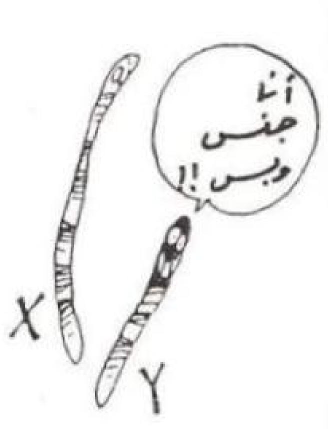

لأ ! مش ضرورى ، لأن تحديد الجنس بياخد طُرُق تانية ، ولوان فيه أنواع كتير قوى زيّنا
إنما الطيور عكسنا ـ
نتاية = XY
دكر = XX
والنحل غريب خالص ، فالدكور بتطلع من بيض ماهوش مخصب ، يعنى كلهم فردانيين فيهم مجموعة كروموزومات واحدة ، إنما النتايه فكلهم تنائيين [ولو إن زى ما احنا عارفين بيشكلوا معظم أفراد الخلية ـ الشغالة يعنى) والنحل ماهوش فعلا كروموزومات جنس !
محدش يسمعنى بقى يا اخويا وحياتك يا مجرم لأنه متهميك « النحص » !


وفيه كمان شيء غريب بصحيح، فيه حيوانات مفيش فيها فروق خالص بين الذكر والنتاية .... لما يرقات الدودة البحرية اللي اسمها بونيليا ترقد على قاع المحيط، ح تلاقيها تكبر وتبقى نتاية طولها ييجي متر.
وفي الحالة دي تفقس وتبقى ذكر، طوله يادوب سنتيمتر واحد فقط لا غير، وده بيقضي ياولداه حياته كلها جوه جسم النتاية
ماحدش ابن حلال يقول لي البيايض يروحوا منين؟
لكن لو يرقة وقعت على نتاية .. ح تلاقيها تخترق جسم النتاية دي
وساعات تكون الفروق الجنسية بسيطة - قوي خالص.. فيه بروتوزوا لها جنسية صحيح لكن دول بيختلفوا في جسم واحد بس... والكائنات دي عادة بتتكاثر لا جنسيا لأن العثور على الرفيقة المناسبة لازم بيكون صعب مش سهل!
لا مؤاخذة.. ياترى انتي مختلفة عني ولا إيه؟!
إذا كنت انت مش عارف، ح اعرف أنا ازاي ؟؟



الجينات المرتبطة بالجنس
خلينا نرجع تاني للبني آدمين :
شفنا إن الجينات المسئولة عن الأمور المرتبطة بالجنس اتجمعت على كروموزومين اتنين :
X للستات و
Y للذكر
أمال فيه جينات للأجنحة ؟؟
دلوقتي جايز نسأل
السؤال ده ←
هل فيه يا ترى جينات تانية على كروموزومات الجنس دي ؟؟؟؟
فيه سبب وجيه للسؤال ده : لأن البني آدمين فيهم عيوب وراثية باين كده إنها مرتبطة بالجنس:
وشرحه برضه بالنسبة لمرض الهيموفيليا (نزف الدم)*
وبرضه معظم الناس اللي عندهم عمى ألوان رجالة
معظم الناس الصلع رجالة مش ستات
* الهيموفيليا = عدم القدرة على تجلط الدم . والعيانين بالمرض ده ممكن ينزفوا لحد ما يموتوا من مجرد جرح صغير .

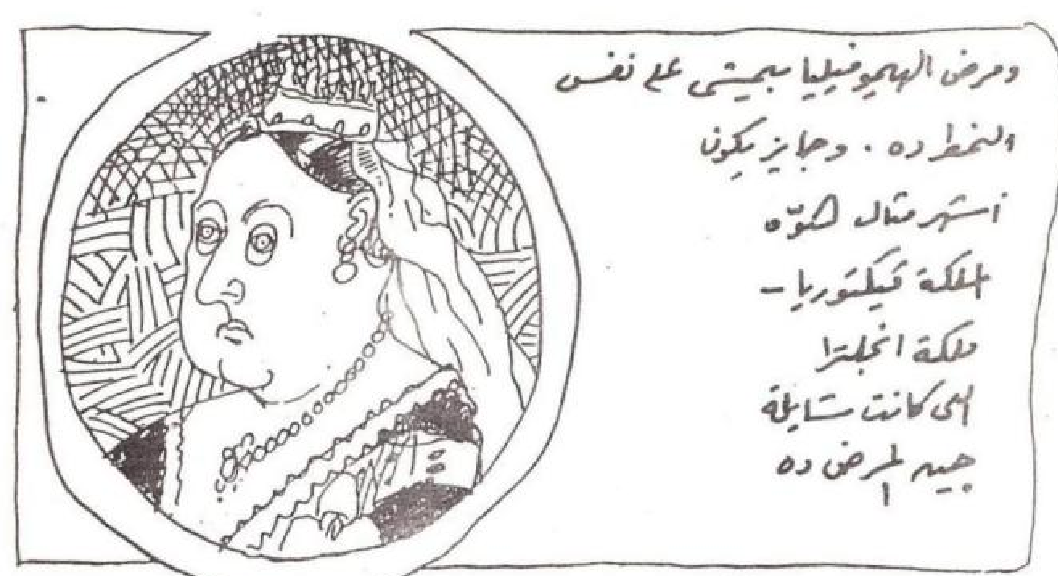
ممكن تفتكر بتقول إن
الجينات دي لازم تكون
موجودة على الكروموزوم
Y- لكن، للأسف،
ح تكون غلطان!!
الواقع إن الهيموفيليا
وعمى الألوان والصلع
الوراثي، بتسببهم
أليلات متنحية
موجودة على
الكروموزوم X !!!





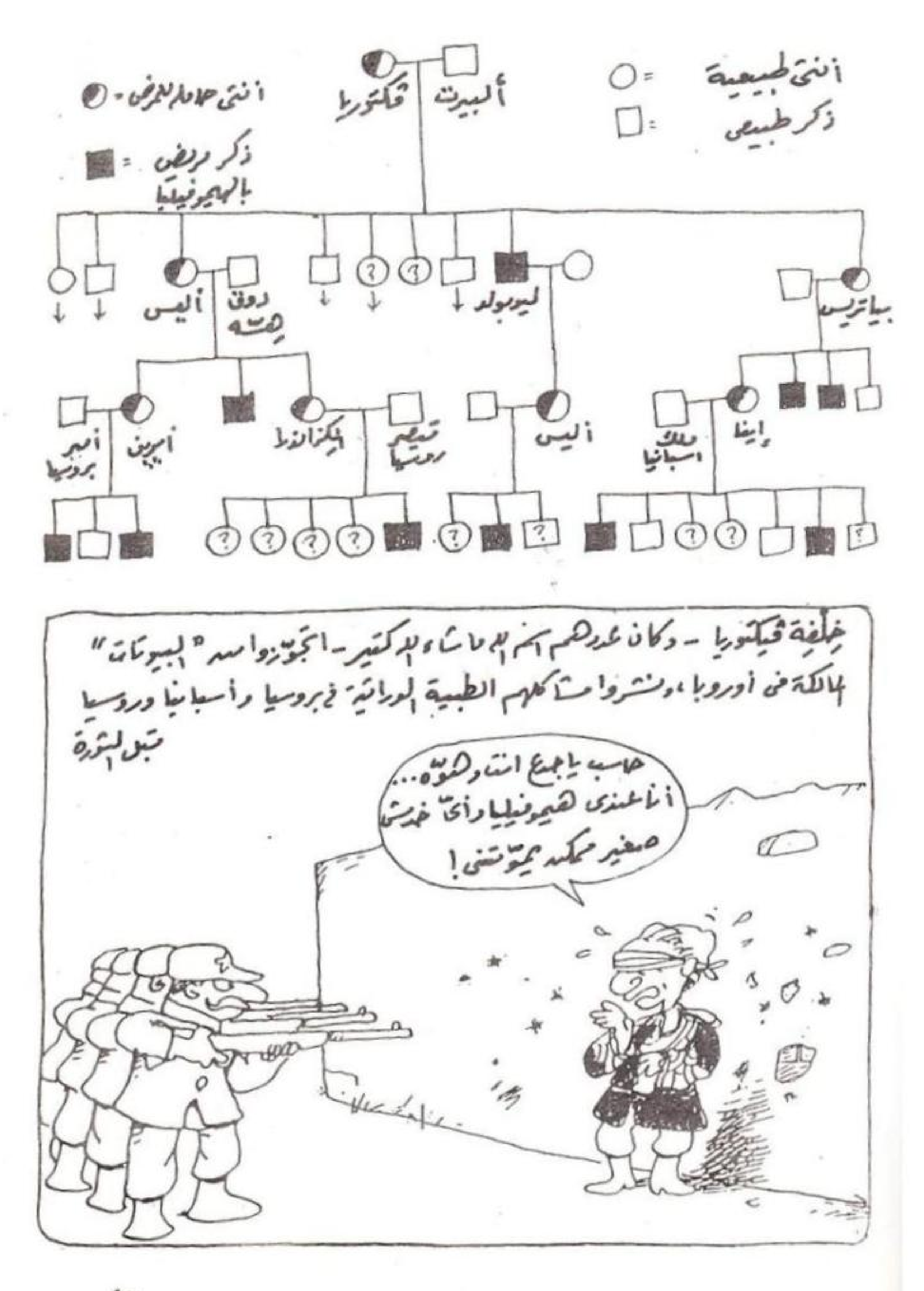
خلينا نشوف ازاى بتتورث الجينات المرتبطة بالجنس دى :





ما عندناش أي سجل بيقول إن فيه من أسلاف الملكة فيكتوريا حد عنده المرض ده، علشان كده نقدر نقول إن الجين المؤذي ده ظهر فيها كطفرة تلقائية . وده بيحصل من الهيموفيليا بنسبة قدروها : بحالة من كل ٥٠٠٠٠ حالة




أنثى طبيعية =
ذكر طبيعى =
أنثى حاملة للمرض =
ذكر مريض بالهيموفيليا =
ڤيكتوريا
ألبيرت
أليس
دوق هسه
ليوبولد
بياتريس
أمير بروسيا
أيرين
ألكسندرا
قيصر روسيا
أليس
إينا
ملك اسبانيا
خلفة ڤيكتوريا - وكان عددهم اسم الله ما شاء الله كتير - اتجوزوا أسر "البيوتات" المالكة فى أوروبا، ونشروا مشاكلهم الطبية الوراثية فى بروسيا وأسبانيا وروسيا قبل الثورة
حاسب يا جدع انت وهوه... أنا عندى هيموفيليا وأى خدش صغير ممكن يموّتنى!



كويس خالص
نشوف بقى العلم وصل لحد فين على أوائل القرن العشرين.
مندل - وأتباعه من بعده - فسروا الألغاز القديمة: دور الأم والأب، طبيعة الأجنة و"الفلتات"، إيه اللي بيحدد الجنس،
وحتى إيه اللي ورا صفات الكائنات الحية...
كل الحاجات دي اتفسرت بالجينات.
لقيوا الجينات وحطوها على خرايط وحللوا أنماط وراثتها.
لسه باقي سؤال واحد...
أيوه - إيه السبب في أن علماء الوراثة لهم دقون مدببة؟
لازم تكون صفة وراثية!
أبدأ - السؤال الشهير: الجينات دي تبقى إيه؟ وبتشتغل ازاي؟
استعد دلوقتي لرحلة في مناطق مجهولة

إيهْ اللِّى جُوَّا الخَلِيَّة ؟




يدقّقوا النظر شوية !
من هنا نقدر نشوف إزاي الغوريلا معمولة من خلايا.
عشان نفهم الغوريلا دي، لازم نفهم إيه اللي بيحصل جوّا المصانع الكيماوية الصغيرة دي
والخلايا العصبية طويلة ورفيعة
وخلايا العضلات والعظم والكلاوي إلخ إلخ إلخ كلها مختلفة !!!
لكن، بكل أسف، خلايا الغوريلا كلها مش زي بعضها... فمثلا كرات الدم الحمرة بتختلف عن خلايا الجلد في شوية حاجات...



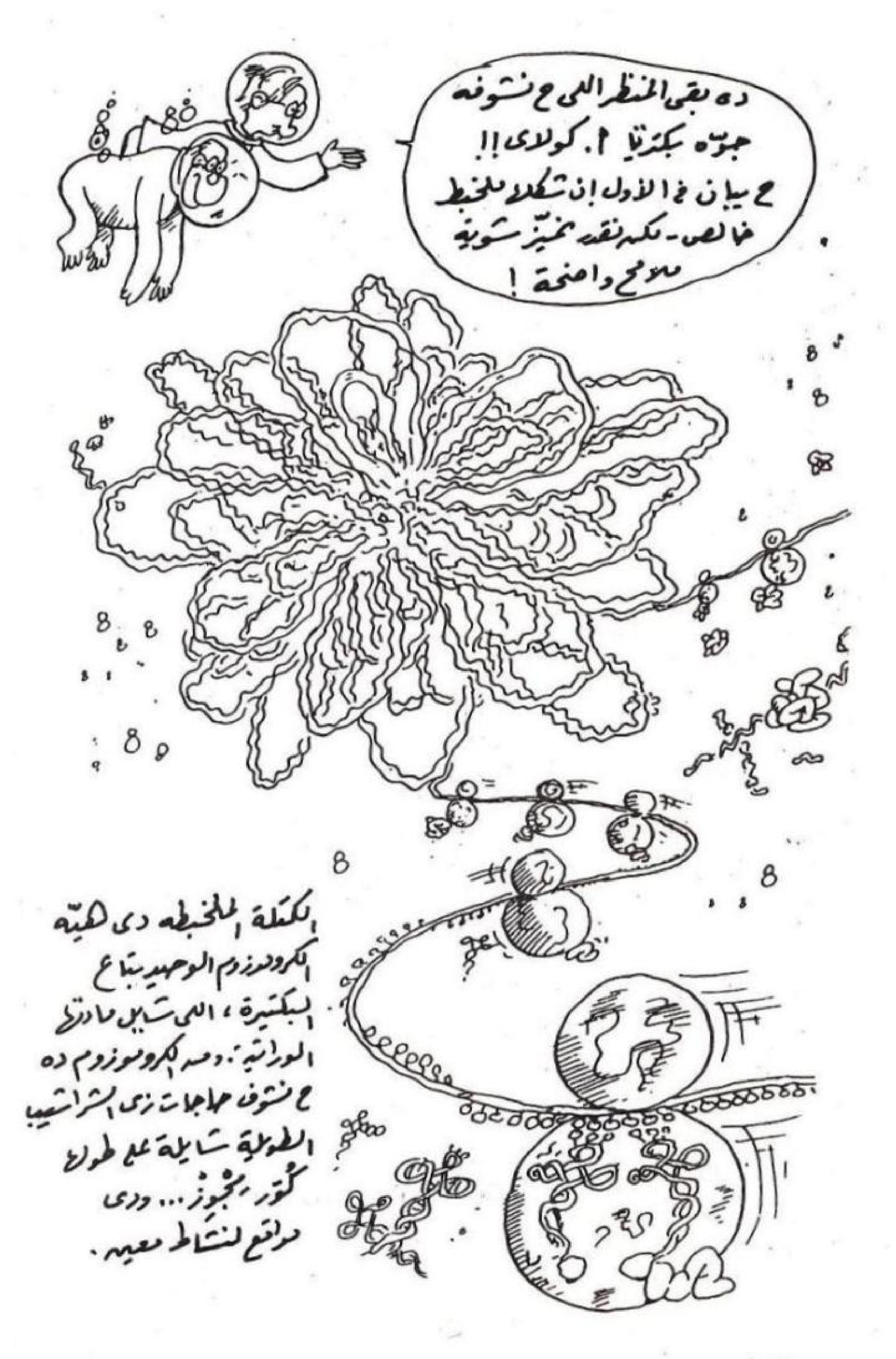
وبنفس الشكل ح نلاقي خلايا الموز لحتيه زخرفه لأشكال مختلفة خالص...

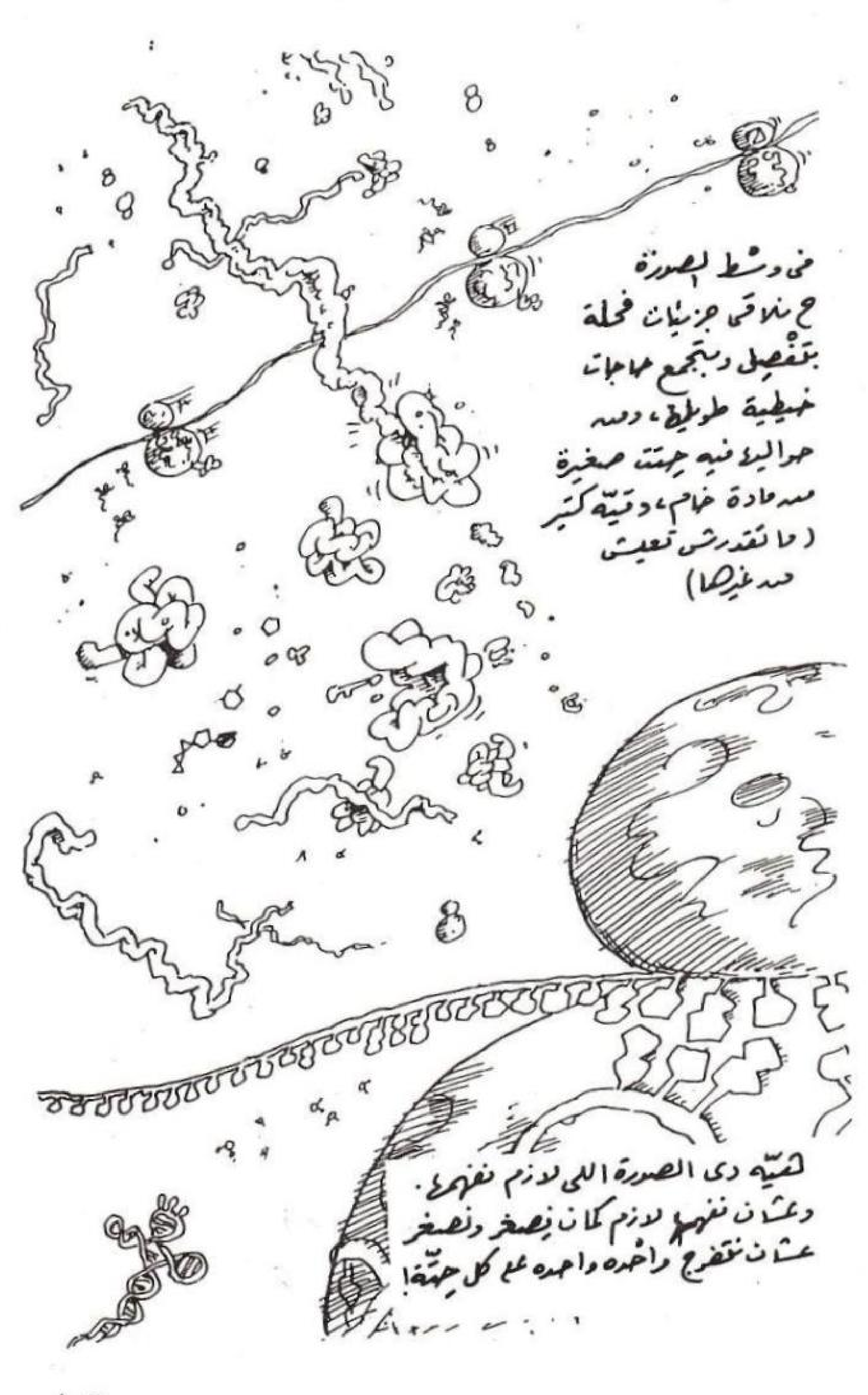


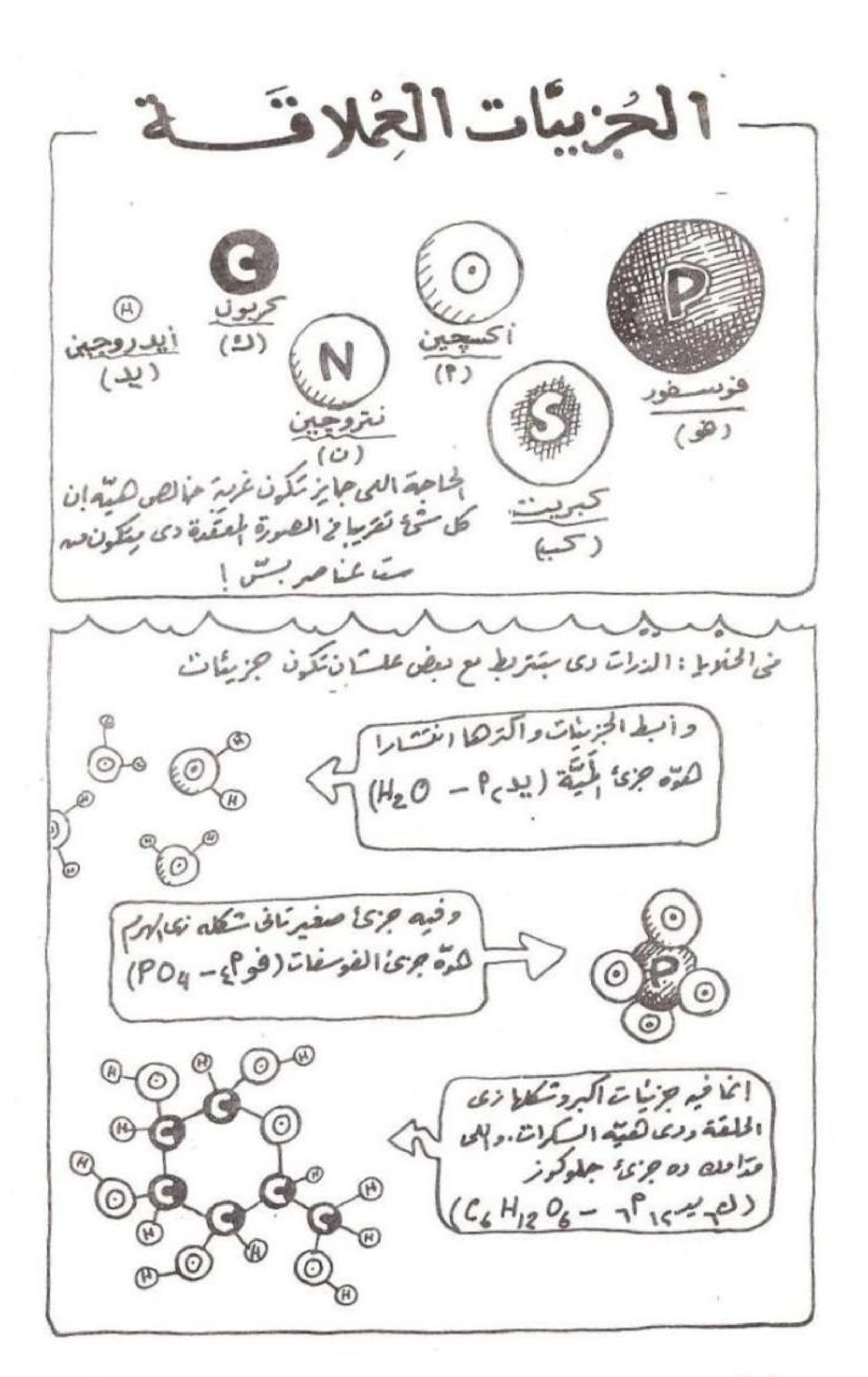
وكل خلية مليانة بأجسام أصغر وأصغر...
ازاى بتتحول الغوريلا وبيتحول الموز؟ دى عملية صعبة الفهم خالص...
همممم.. جسم جولجي مرتبط بالغشاء الإندوبلازمي... والغشاء الإندوبلازمي مرتبط بالغشاء النووي، والغشاء النووي مرتبط بـ... يادي الشغلانة! تهييسة


والحقيقة إن الغوريلا والموز معقدين بشكل خلّى العلماء لسنين طويلة بيأسوا من إنهم ح يقدروا في يوم من الأيام يفهموا الوراثة الجزيئية بتاعة النباتات والحيوانات
أنا ليه بس يا ربّي ما سمعتش كلام ماما ودخلت كلية الحقوق؟!
وعلشان كده اتسلّطوا على كائن غلبان أبسط بكتير - وموجود بالبلايين ... لِهنا كُه !!
ده كان بكتيريا اسمه إشيريشيا كولاى ودى بتعيش في أمعاء القرود والبني آدمين

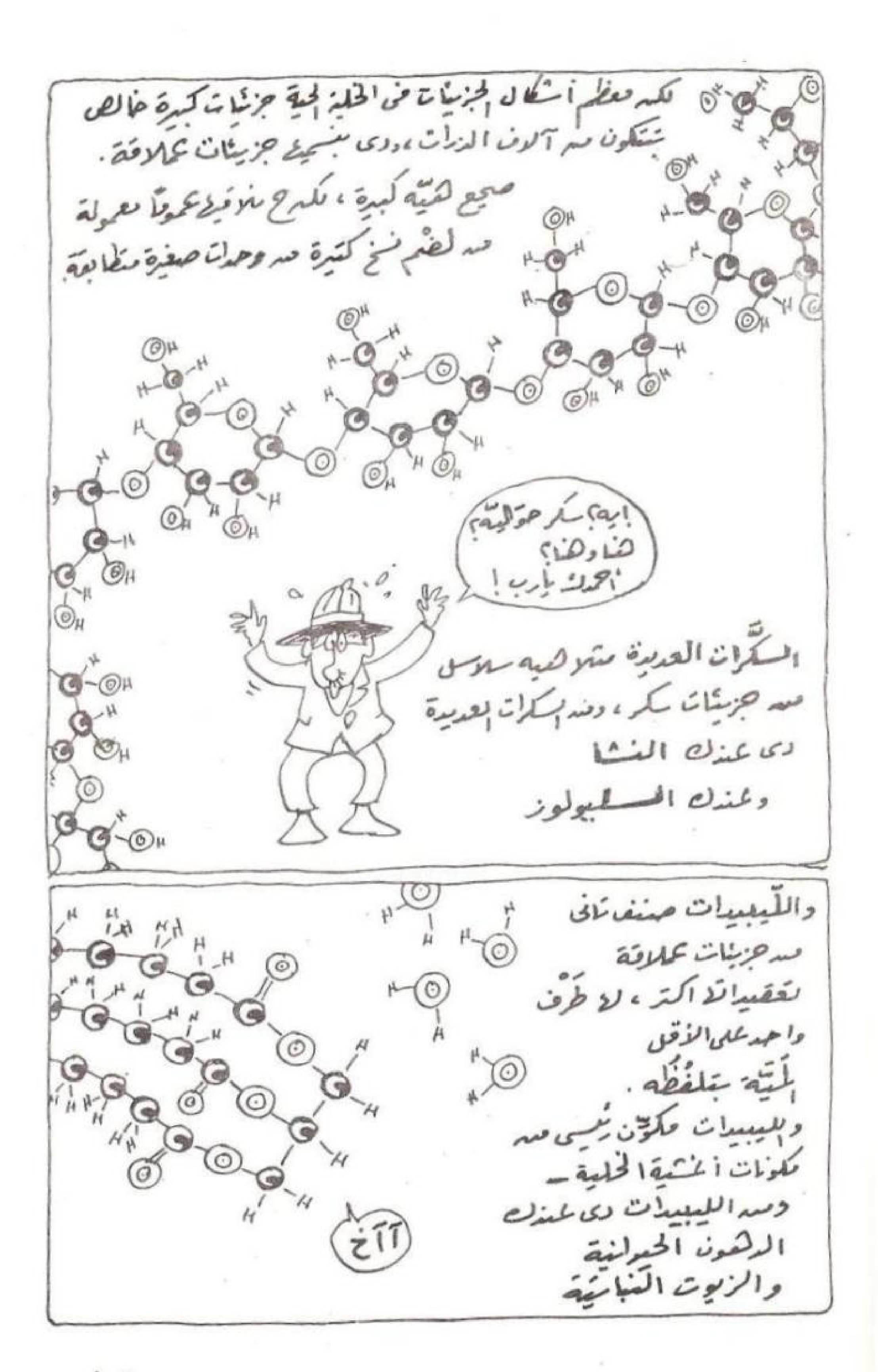

دايما لما تسمع كلمة
بكتريا تفكر على طول
في الأمراض، لكن
إ. كولاي (ده الاسم
الدارج بتاع البكتريا دي)
بكتريا طيبة خالص
ونافعة كمان..
و إ. كولاي زي غيرها
من البكتريا كائن بسيط
وأقل تعقيدا من خلايا
الأشكال العليا من الحياة:
مفيش فيها معظم
التنظيم الداخلي المعقد
بتاعهم،
والكيميا بتاعتها معقدة
صحيح! بس أبسط
بكتير من كيميا
القرود والموز
بينا نقوم ندخل
جوه إ. كولاي
ونشوف فيها
إيه...


ده بقى المنظر اللي ح نشوفه جوّه بكتريا إ. كولاى!! ح يبان في الأول إن شكلها ملخبط خالص - لكن نقدر نميّز شوية ملامح واضحة!
الكتلة الملخبطة دي هيّه الكروموزوم الوحيد بتاع البكتيرة، اللي شايل مادة الوراثة. وعلى الكروموزوم ده ح نشوف حاجات زي الشراشيب الطويلة شايلة على طولها كُوَر بيجوز... ودي مواقع لنشاط معيّن.


في وسط الصورة
ح نلاقي جزيئات فحلة
بتفصل وبتجمع حاجات
خيطية طويلة، ومن
حواليها فيه حتت صغيرة
من مادة خام، دقيقة كتير
(ما نقدرش نعيش
من غيرها)
لقصة دي الصورة اللي لازم نفهمها.
وعشان نفهمها لازم كمان نصغر ونصغر
عشان نتفرج واحدة واحدة على كل حتة!



الجزيئات العملاقة
فوسفور
(فو)
أكسچين
(أ)
كربون
(ك)
أيدروچين
(يد)
نتروچين
(ن)
كبريت
(كب)
الحاجة اللى جايز تكون غريبة خالص لحقيقة إن كل شئ تقريبا فى الصورة المعقدة دى بيتكون من ستة عناصر بس !
فى المحلول : الذرات دى بتترابط مع بعض علشان تكون جزيئات
وأبسط الجزيئات وأكترها انتشارا هوة جزئ الميّة (يد٢أ - H_2O)
وفيه جزئ صغير تانى شكله زى الهرم هوة جزئ الفوسفات (فوأ٤ - PO_4)
إنما فيه جزيئات أكبر وشكلها زى الحلقة وزى لقيّه السكرات. واللى قدامك ده جزئ جلوكوز
(ك٦يد١٢أ٦ - $C_6H_{12}O_6$)


لكن معظم أشكال الجزيئات فى الخلية الحية جزيئات كبيرة خالص
بتتكون من آلاف الذرات، ودى بنسميها جزيئات عملاقة.
صحيح القصة كبيرة، لكن حتلاقيها عموماً معمولة
من لضم نسخ كتيرة من وحدات صغيرة متطابقة.
إيه؟ سكر حواليّه؟ هنا وهنا؟ أحمدك يارب!
السكّريات العديدة متركبة سلاسل
من جزيئات سكر، ومن السكريات العديدة
دى عندك النشا
وعندك السليولوز
والليبيدات صنف تانى
من جزيئات عملاقة
تعقيداتها أكتر، لها طرف
واحد على الأقل
الميّة بتلفظه.
والليبيدات مكوّن رئيسى من
مكونات أغشية الخلية ـ
ومن الليبيدات دى عندك
الدهون الحيوانية
والزيوت النباتية
آآخ

استنى استنى، لسة فيه جزيئات تعقيدها أكتر، ودي أهميتها أكبر بالنسبة لعلم الوراثة. فيه يا سيدي الأحماض النووية والبروتينات خلي بالك معايا شوية:

قاعدة
سكر
فوسفات

الطوب اللي بتتبني بيه الأحماض النووية بنسميه النوكليوتيدات، والنوكليوتيدة الواحدة متكونة من ٣ حاجات: سكر وفوسفات وقاعدة - زي ما انت شايف في الصورة اللي ع الجنب دي

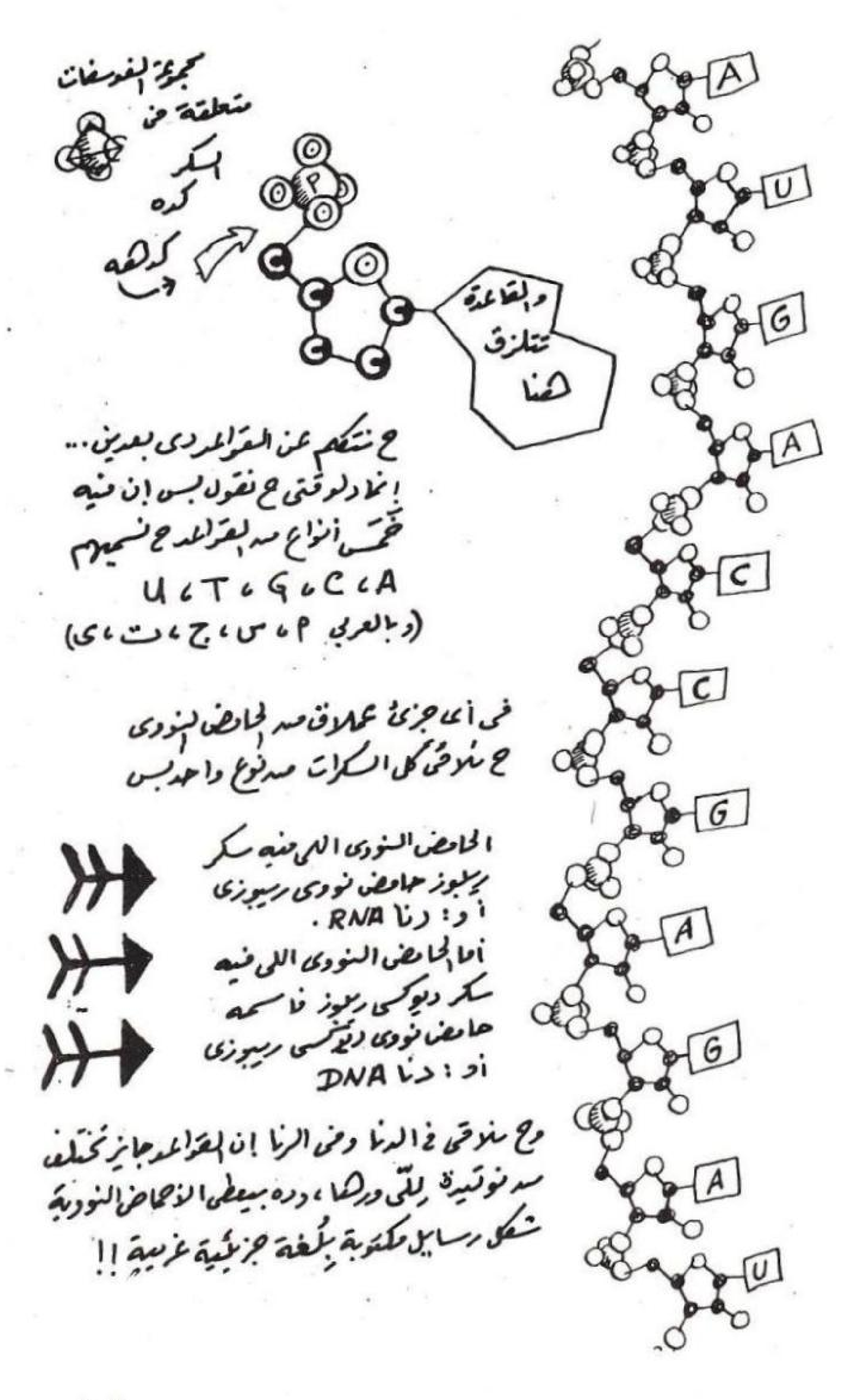
والتلات حاجات دول بيتشبكوا في بعض عشان يكونوا "سلسلة ظهر" أو ركيزة طويـــــلة شايلة تتابع من القواعد بتبرز لبره:

قاعدة — سكر
فوسفات
قاعدة — سكر
فوسفات
قاعدة — سكر
فوسفات
الخ الخ

والسكر ممكن يكون من نوعين: جزيئهم خماسي غير ذرات الإيدروجين

ديوكسي ريبوز

ريبوز



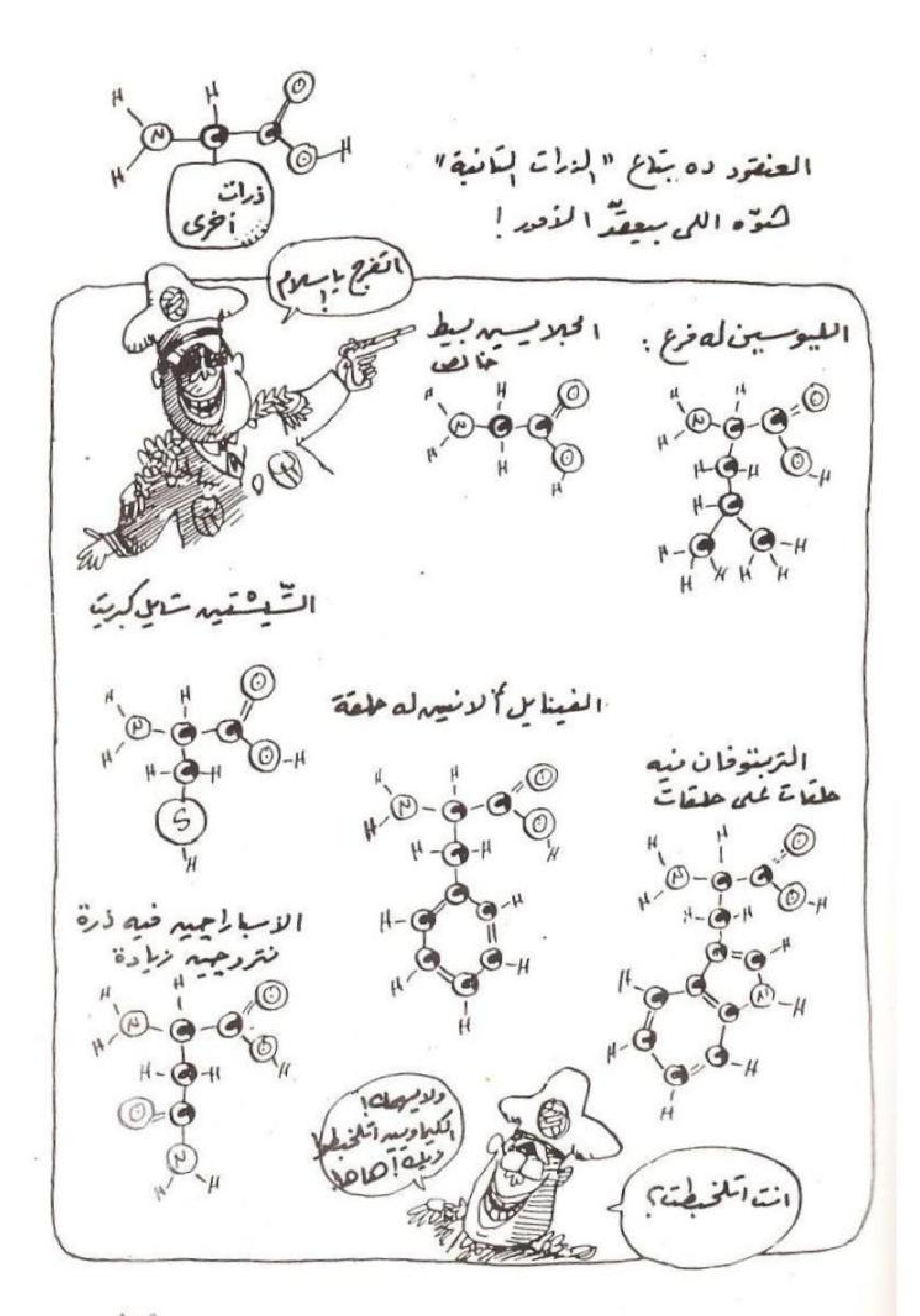
ح نتكلم عن القواعد دى بعدين...
إنما دلوقتى ح نقول بس إن فيه
خمس أنواع من القواعد ح نسميهم
U ، T ، G ، C ، A
(وبالعربى أ ، س ، ج ، ت ، ى)

فى أى جزئ عملاق من الحامض النووى
ح نلاقى كل السكرات من نوع واحد بس

الحامض النووى اللى فيه سكر
ريبوز حامض نووى ريبوزى
أو: رنا RNA .
أما الحامض النووى اللى فيه
سكر ديوكسى ريبوز فاسمه
حامض نووى ديوكسى ريبوزى
أو: دنا DNA

وح نلاقى فى الدنا وفى الرنا إن القواعد جايز تختلف
من نوتيدة للى وراها ، ودة بيعطى الأحماض النووية
شكل رسايل مكتوبة بلغة جزيئية غريبة !!

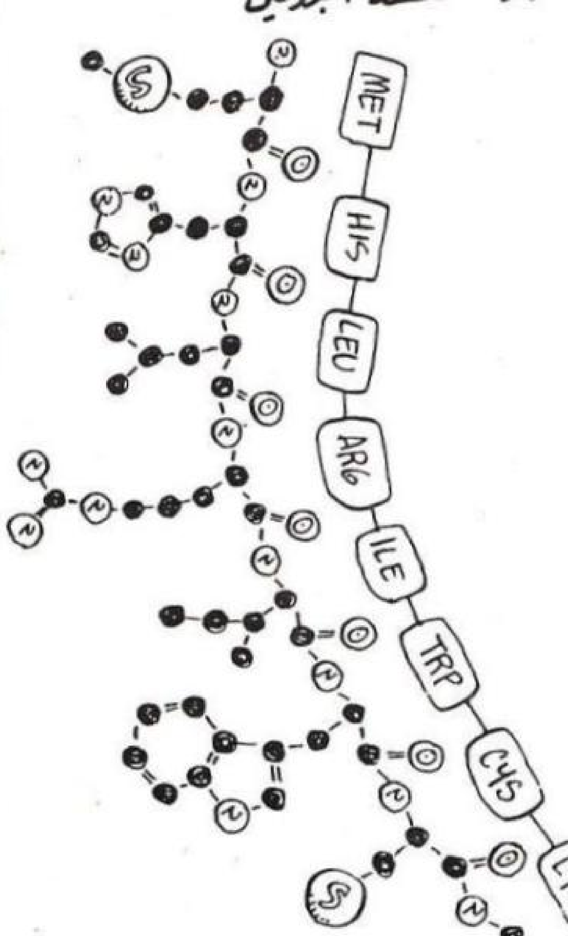

والبروتينات
لكنه أكتر الجزيئات العملاقة تعقيداً، ده حتى الكيماوي ماكس بيروتس قعد ٢٥ سنة - يعني معظم حياته العلمية - يحلل في بروتين واحد بس اسمه: الهيموجلوبين، وده البروتين اللي بيشيل الأكسجين في تيار الدم.. ولعل ده الشيء اللي إدّى بيروتس جايزة نوبل سنة ١٩٦٢.
قوللي يا ماكس.. إيه اللي أخد منك الوقت ده كله؟
لا.. ده الموضوع إذا شرحته لك حياخد وقت أطول
لكن، بمعنى عام تركيب البروتينات برضه سهلة: لأنها زيّ زيّ غيرها من الجزيئات العملاقة عبارة عن سلاسل طويلة من وحدات أصغر (يعني: كتير وحدات)
الحقيقة إن الهيموجلوبين عبارة عن جوزين من السلاسل دي ملفوفة في عقدة سيمترية
وتحت الوحدات بتاعة جزيئات البروتين اسمها أحماض أمينية
ودي مش واخدة اسمها من السيد/ عيدي أمين حتى لو كان بيتربط لك كدة!!!
إيه الكلام ده؟ طبعاً مستمدّين علم اسمي!
اسمع كلامي أنا!
أوه! أوكيه!!


العنقود ده بتاع "الذرات التانية"
لتوّه اللى بيعقّد الأمور!
ذرات أخرى
اتفرج يا سلام!
الليوسين له فرع:
الجلايسين بسيط خالص
السيستين شايل كبريت
الفينايل ألانين له حلقة
التربتوفان فيه حلقات على حلقات
الأسباراجين فيه ذرة نتروجين زيادة
انت اتلخبطت؟
ولا يهمك! الكيماويين اتلخبطوا زيك! هاهاها

فيه عشرين حمض أميني نمطي بنتعمل منها البروتينات :
أهُم :

رمزه	الحمض الأميني
GLY	جلايسين
ALA	ألانين
VAL	ڤالين
LEU	ليوسين
ILE	أيزوليوسين
SER	سيرين
THR	ثريونين
ASP	أسبارتيك
GLU	جلوتاميك
LYS	لايسين
ARG	أرجينين
ASN	أسباراجين
GLN	جلوتامين
CYS	سيستين
MET	ميثايونين
PHE	فينايل ألانين
TYR	تيروسين
TRP	تربتوفين
HIS	هستيدين
PRO	برولين

ممكن لأي اتنين من الأحماض دي انهم يتوصلوا ببعض عشان يكونوا ببتيد... زوّد عليهم شوية كمان توصل للبوليببتيد أو سلسلة البروتين



شلنا ذرات الهيدروجين
(عشان بس نريّحك)


كل بروتين بيتكون من عدد مضبوط من الأحماض الأمينية بترتيب مضبوط. وبتجاذب التبادل بين الأحماض دي بيخلي السلسلة تنطوي على نفسها في صورة مكلكعة خالص، إنما قرينة ....
إياك حد منكم يخرج من مكانه!
ده إنذار أخير!
وفي حالات كتيرة ح نلاقي إن بعض السلاسل البوليببتيدية بتتلف على بعضها
البروتينات دي لو زعلت ابو مني الحلبة؟ جايز تفتكر إن حاجة كده زي ما تقول عشا نابليون...
وجايز تكون سمعت عن البروتين من الضوافر، والريش، والشعر ...
لكن من الحقيقة إن معظم البروتينات حاجة تانية خالص ....
جديد!
مزود بالبروتينات جلورب لتجنب وجع البطن
(أدمن تشربه!)
معظم البروتينات: إنزيمات
ها ها ... أوووخ

الإنزيمات بروتينات وظيفتها إنها تفسّخ جزيئات تانية أو تجمعها مع بعض .
وكل إنزيم مسئول عن تفاعل معين واحد مفيش غيره

١ الإنزيم يقعد مستنّي لحد ما تجيله الجزيئات المظبوطة

٢ ويروح ماسك الجزيئات الصغيرة دي

SNOP

٣ ... ويربطها ببعض

طحن

نهش

كبس

٤ في شكل جزيء جديد، ويروح مسيّبه

٥ ويطلع الإنزيم م العملية دي زي الشعرة م العجين من غير ما يجرى له حاجة

بيتّاوب

٦ وبطريقة زي دي ح نلاقي إن إنزيمات الهضم بتكسّر جزيئات كبيرة . فيه انزيمات مثلا بتقطع السكرات من السكرات المعقدة !!!


البروتينات دي مهمة جدا جدا، لأن تقريبا كل تفاعل من التفاعلات
الكيماوية للحياة بيحركه إنزيم.
لما المواد الكيماوية بتطلع لفوق
من خلال جذور شجرة الموز،
تقوم إنزيمات النبات تحولها
إلى مكونات الموزة ....
همممم
ولما الغوريلا تاكل الموزة تقوم
إنزيمات القردة دي تهضم الموزة
وتحولها إلى قردة
تك تك
....ونفس الشيء عند البكتيرة
م. كولاي، اللي عندها
إنزيماتها الخاصة
بمعنى آخر
وفكرك إيه
اللي بيعمل الإنزيمات
الكائن الحي

جين واحد للانزيم الواحد

اتضحت العلاقة بين الجينات
والانزيمات لأول مرة في
الاربعينات بعد تجارب نجاح
اتنين من علماء البيولوجي همّ
جورج بيدل و إدوارد تاتم
...

كان الاتنين دول بيشتغلوا على
سلالات طافرة من عفن الخبز
المعروف (النيوروسبورا)
اللي كانوا بيربّوه في محاليل
من الكيماويات المغذية.



لقوا إن كل سلالة طافرة بتحتاج
كيماويات مغذية في غذاءها
أكتر من اللي بيحتاجه العفن
الطبيعي. مثلا فيه سلالة طافرة
عاوزة في أكلها حامض أميني
زيادة، وفيه سلالة تانية
بتحتاج فيتامين معين


١- لقوا إن السبب لكده
إن العفن الطبيعي بيقدر
يصنع المواد الغذائية
الناقصة - يعني بيقدر
يعملها من مواد كيماوية
تانية ....
٢- إنما السلالات
الطافرة ما كانتش
بتقدر تعمل كده لأن
مفيش فيها
إنزيمات معينة لازمة
علشان تقدر تقوم
بالعمل ده
عملوا سلسلة هائلة من عمليات
التهجين والتحليلات البيوكيماوية
وقدروا يكتشفوا
إن لما بتحصل طفرة في
جين منفرد واحد،
السلالة ما بتقدرش
تعمل إنزيم واحد ....
أو يمكن تاخد
الموضوع بالعكس...
الدور الأساسي للجين هو
عمل الإنزيمات، وكل جين
مسئول عن إنزيم واحد
بالذات
باختصار:
جين واحد
للإنزيم الواحد



ده بقى اللى بتعمله الجينات - بتصنع إنزيمات
- لكن ماحدش برضه لسه فاهم
بالضبط لحد إيه الجينات دى...
ولو إن أول خطوة في الاتجاه ده
قام بيها واحد من العلماء في عشرينات
القرن العشرين الحالى -
وكان اسمه
فريد جريفيث
الحقيقة بالصدفة!



١- جريفيث كان بيشتغل على سلالة من بكتريا نوموكوكاس، ودى بتسبب الالتهاب الرئوى كان عنده السلالة المؤذية من النمط الوحشى الموجودة في الطبيعة
٢- وكان عنده سلالة بينقصها إنزيم معين بيتدخل في عمل الكبسولة الخارجية التخينة الموجودة في النمط الوحشى
٣- لما كان بيحقن البكتريا دى في الفيران كان النمط الوحشى بيتسبب ضرورى في ظهور المرض...
٤- إنما السلالة الطافرة ماكانتش بتعمل أى حاجة
هيوووووه !!

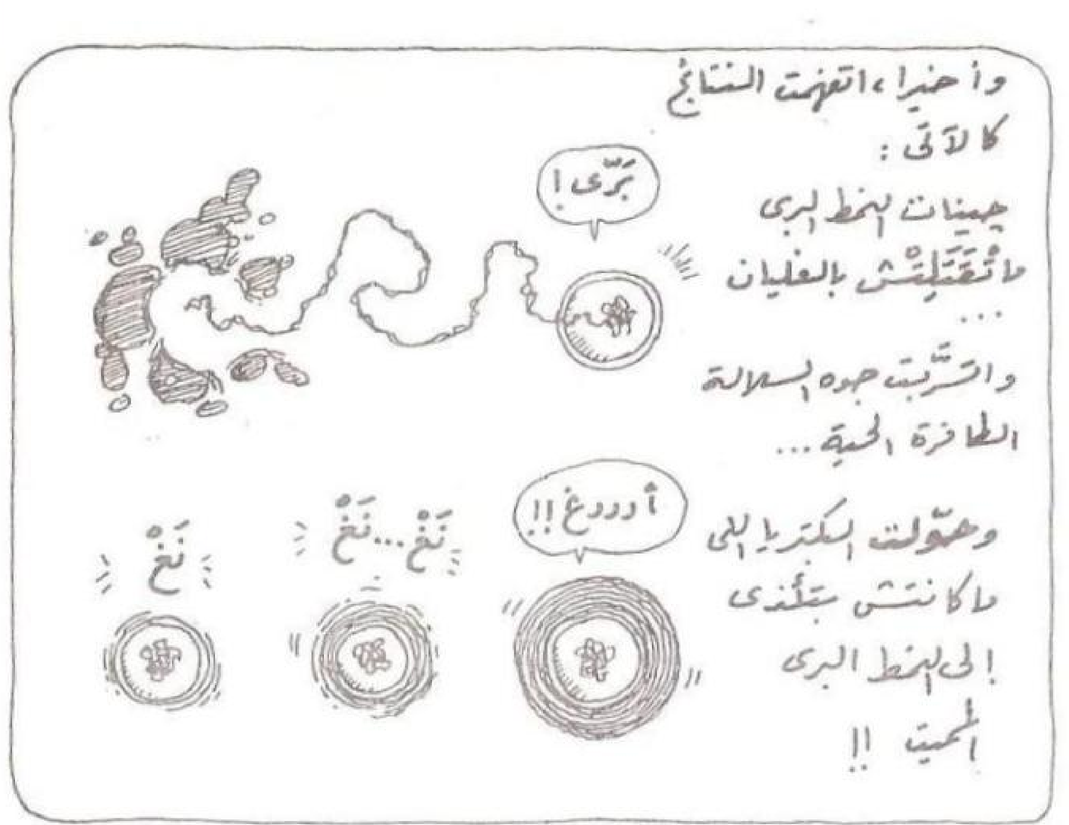

١- راح جريفيث مسخّن البكتريا الوحشية دى لحد ما ماتت ...


٢- وطبعا زى ما توقعنا البكتريا اللى ماتت بالحرارة دى ما كانتش بتئذى
إنت بتهزر؟ أعصابى تلفت!

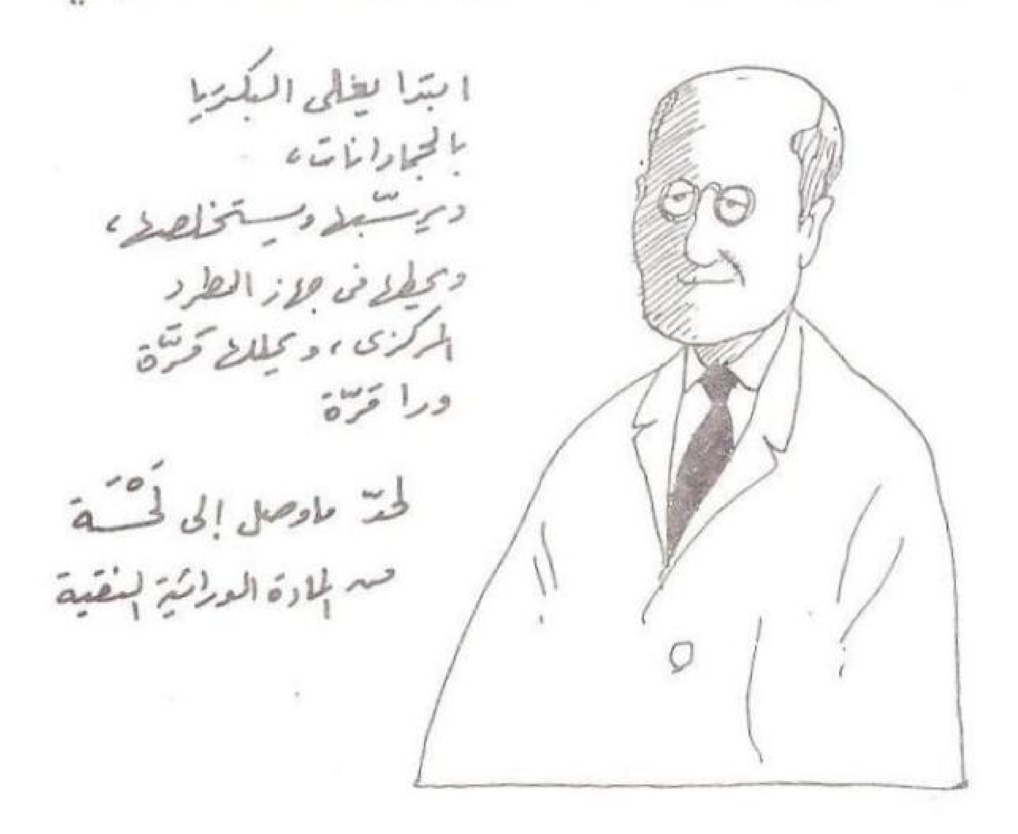

٣- وعشان التأكيد، جريفيث حط شوية بكتريا وحشية من اللى اتقتلت بالحرارة مع بكتريا حية من سلالة طافرة


٤- وعلى الرغم من أن البكتريا الحية لوحدها، والبكتريا المغلية لوحدها ما كانتش بتئذى
?


إلا إن الفيران ماتت! - مش كده وبس، ده لقى كمان فى جثث الفيران الميتة بكتريا نوموكوكاس من الخط البرى!
جريفيث ماقدرش يفهم إيه اللى حصل بالظبط!!! ...



"وفى عقد الاربعينات ابتدا أوزوالد إيفرى بيحاول يعرف "العامل المحوّل"





وكانت دنا



ولما إيفري اعلن نتايجه سنة ١٩٤٠، ماصدقتوش من العلماء إلا عدد قليل جدا!!

السِّلِّمُ الحَلَزُوني

دنا؟ دنا إيه؟ مصلحة حكومية دي ولا إيه؟

قبل إيفري ماكانش كتير حد من العلماء اهتم بالدنا

كانوا بيعرفوا إن الدنا فيه سكر اسمه ديوكسي ريبوز، وفيه فوسفات كتير وفيه أربع قواعد.

والأربع قواعد دول معروفين بحروفهم الأولانية: أ، س، ج، ث
A, C, G, T

سيتوزين (س C)

أدنين (أ A)

ثايمين (ث T)

جوانين (ج G)

لكن بعد إيفرى إبتدا البحاث يهتموا بدراسة الدنا ده

إرفين شارجاف لقى

١- إن تركيب الدنا بيختلف بين الأنواع وبالذات بنسب القواعد الأربعة

أ، س، ث، ج   A, C, T, G

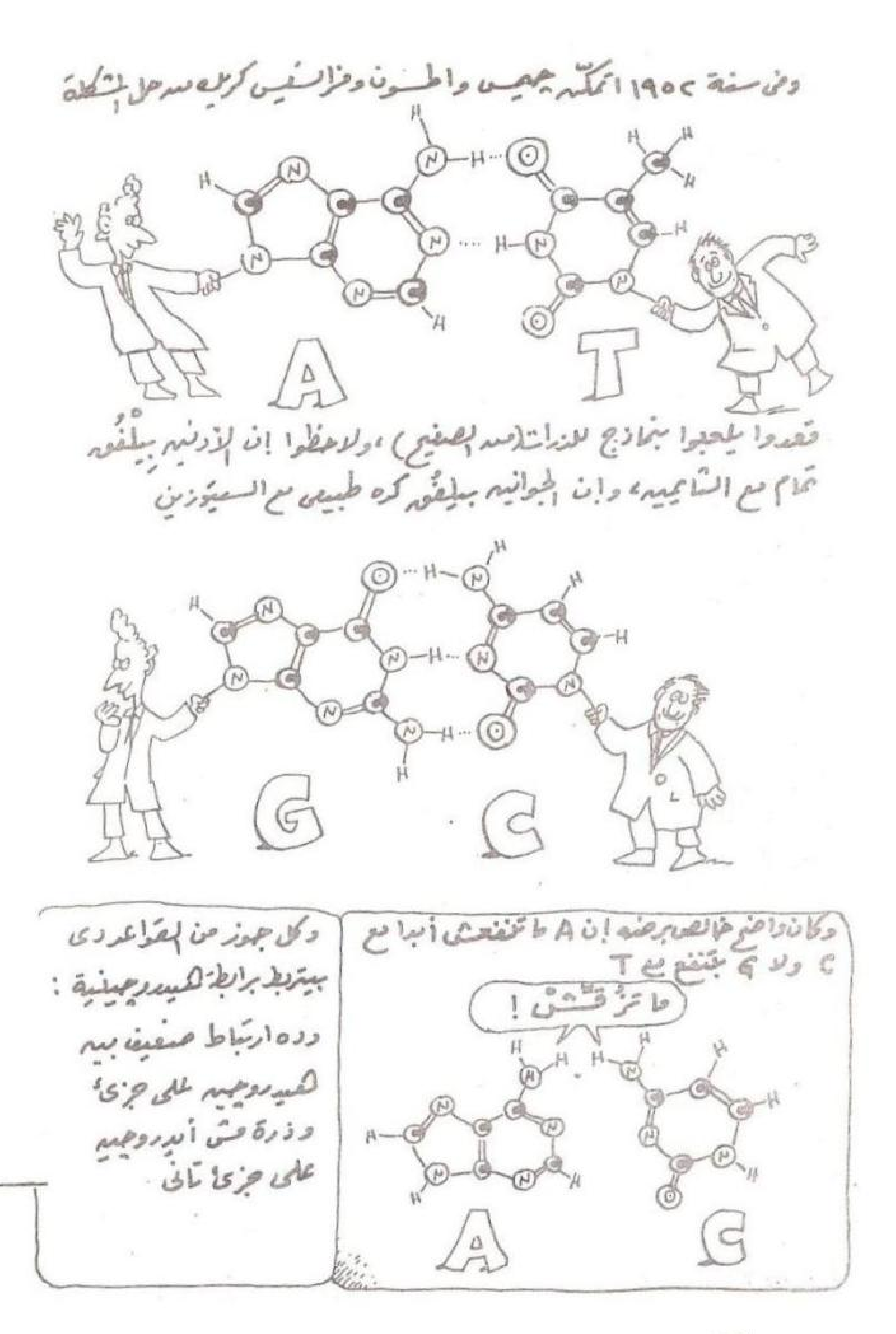
٢- إن في دنا أي كائن حي تلاقي إن عدد القواعد أ A بيساوي عدد القواعد ث T ، وإن عدد س C = عدد ج G

معناه إيه ده بقى؟
شارجاف ماعرفش الإجابة .

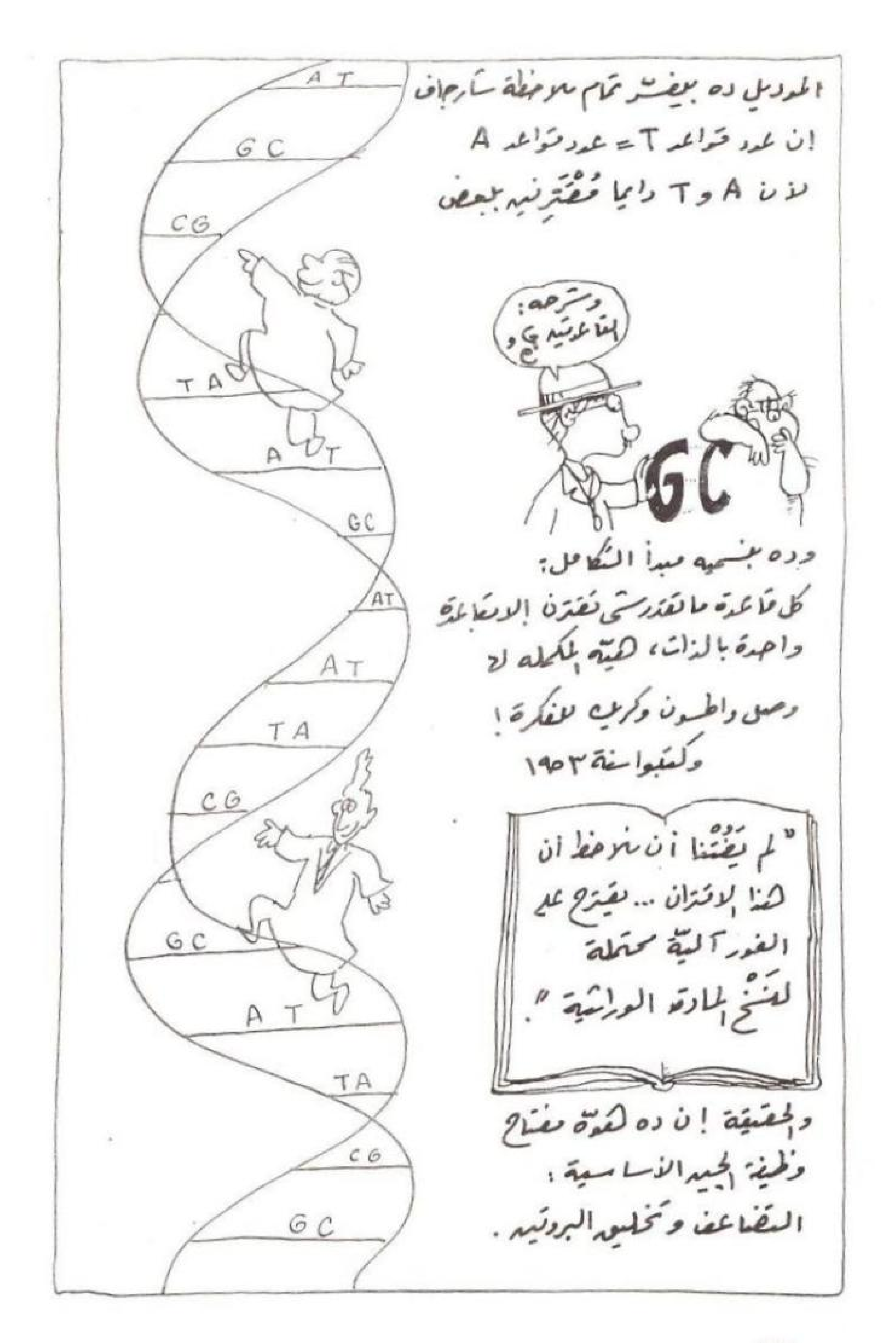
لكن روزالين فرانكلين درست صور أشعة إكس بتاعة الدنا ، وقدرت تقول إن جزئ الدنا جايز يكون له شكل لولب من سلسلتين أو تلاتة ....



ياترى سلسلتين ولا تلاتة...؟


ومن سنة ١٩٥٢ اتمكنوا جيمس واطسون وفرانسيس كريك من حل المشكلة
A
T
قعدوا يلعبوا بنماذج للذرات (من الصفيح)، ولاحظوا إن الأدنين بيلقفوه تمام مع الثايمين، وإن الجوانين بيلقفوه كده طبيعي مع السيتوزين
G
C
وكان واضح خالص برضه إن A ما تنفعش أبدا مع C ولا G بتنفع مع T
ما تزُقّش!
A
C
وكل جوز من القواعد دي بيترابط برابطة هيدروجينية: ودة ارتباط ضعيف بين هيدروجين على جزيء وذرة مش هيدروجين على جزيء تاني.

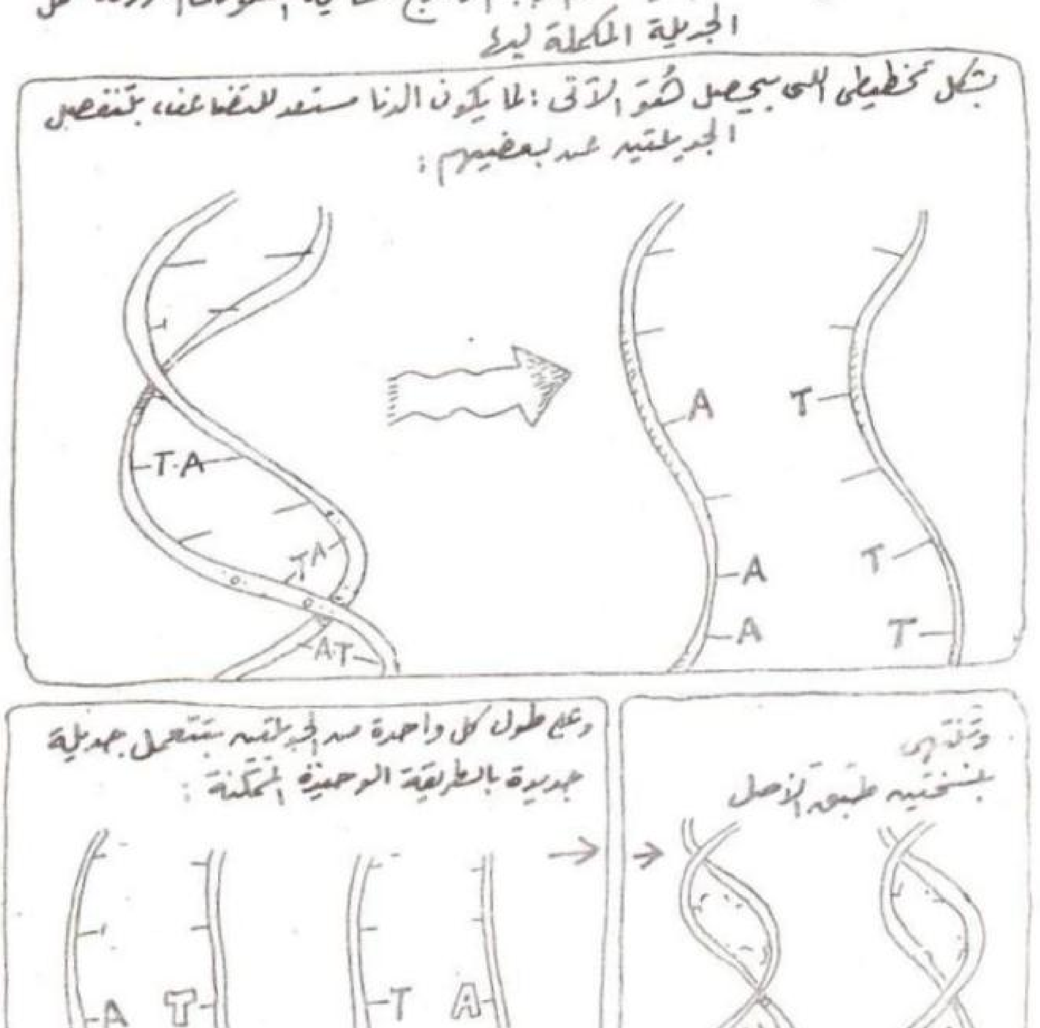

وكل جوز من القواعد دول كان
شكله مسطح :
A
T
G
C
وعشان كده اقترح واطسون وكريك
إنهم بيستفوهم جوز ورا جوز
زى السلالم . ومن ثمة ع الناحيتين
ح يكون فيه جديلتين سكر - فوسفات
بيلفوا حوالين
الله ؟
ده لولب
مزدوج
ظهرت عقدة واحدة : الجديلتين
دول بيلفوا في اتجاهين مختلفين
: يعني السكر على جديلة ح يكون
مقلوب بالنسبة للسكر على
الجديلة التانية -
سكر
فوسفات
إلخ !!

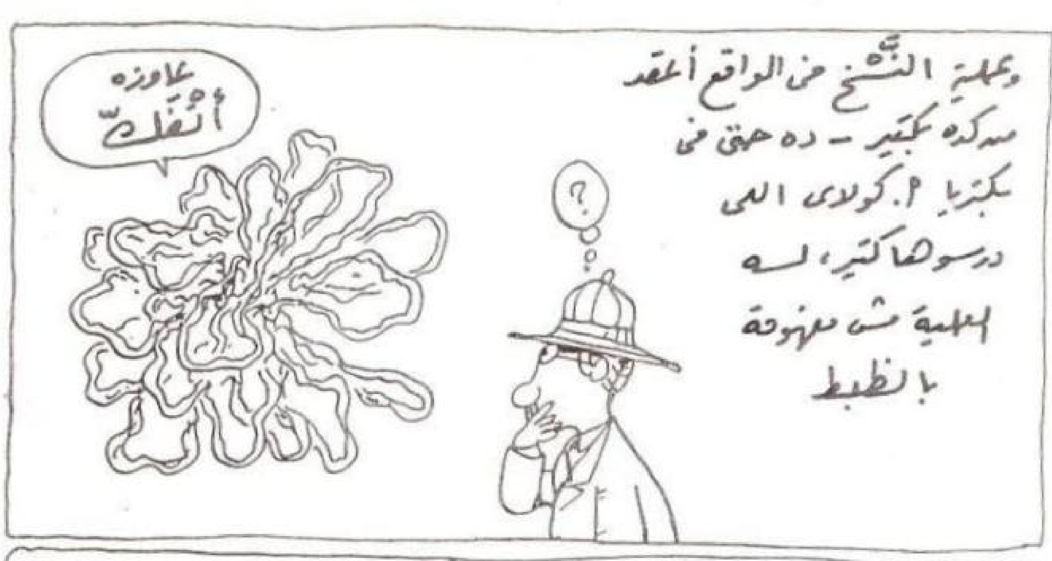


الموديل ده بيفسر تمام ملاحظة شارجاف
إن عدد قواعد T = عدد قواعد A
لأن A و T دايما مقترنين ببعض
وشرحه: القاعدتين G و C
GC
وده بنسميه مبدأ التكامل:
كل قاعدة ماتقدرشي تقترن إلا بقاعدة
واحدة بالذات، الحتة الكمله دي
وصل واطسون وكريك للفكرة!
وكتبوا سنة ١٩٥٣
"لم يفتنا أن نلاحظ أن
هذا الاقتران ... يقترح على
الفور آلية محتملة
لنسخ المادة الوراثية".
والحقيقة إن ده كمان مفتاح
وظيفة الجين الأساسية:
التضاعف وتخليق البروتين.
AT
GC
CG
TA
AT
GC
AT
AT
TA
CG
GC
AT
TA
CG
GC

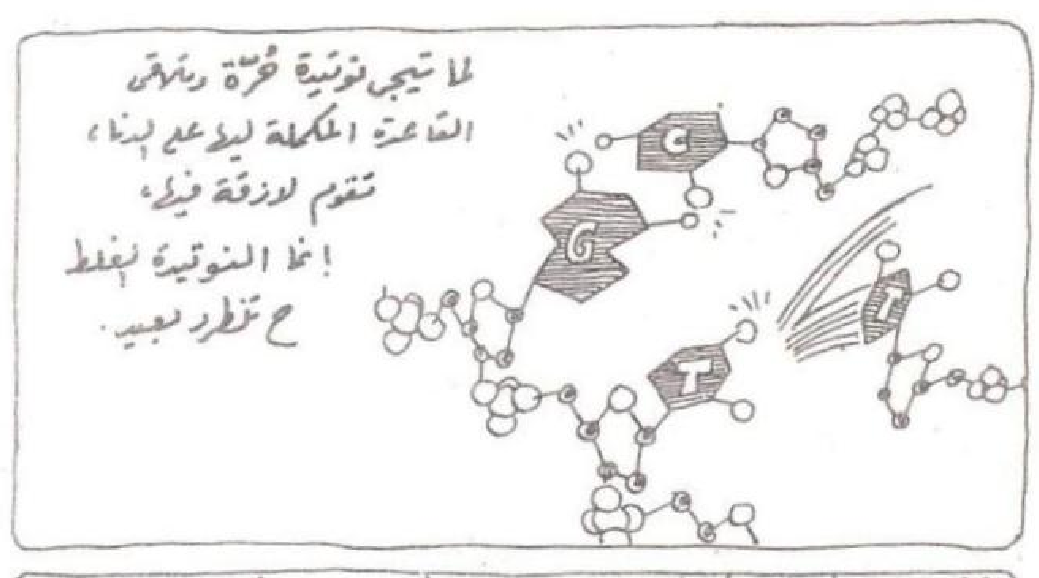
النَّسْخ

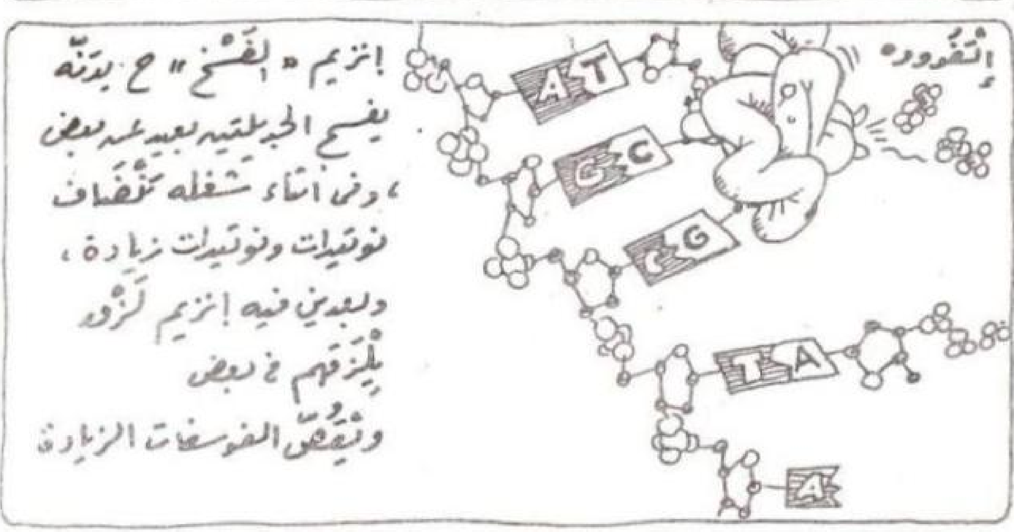
نسخ الجين، أو تضاعف الدنا، عملية بسيطة من ناحية المبدأ - ده اللي لقاه واطسون وكريك. كل جديلة من اللولب المزدوج شايلة المعلومات اللازمة لعمل الجديلة المكملة ليها

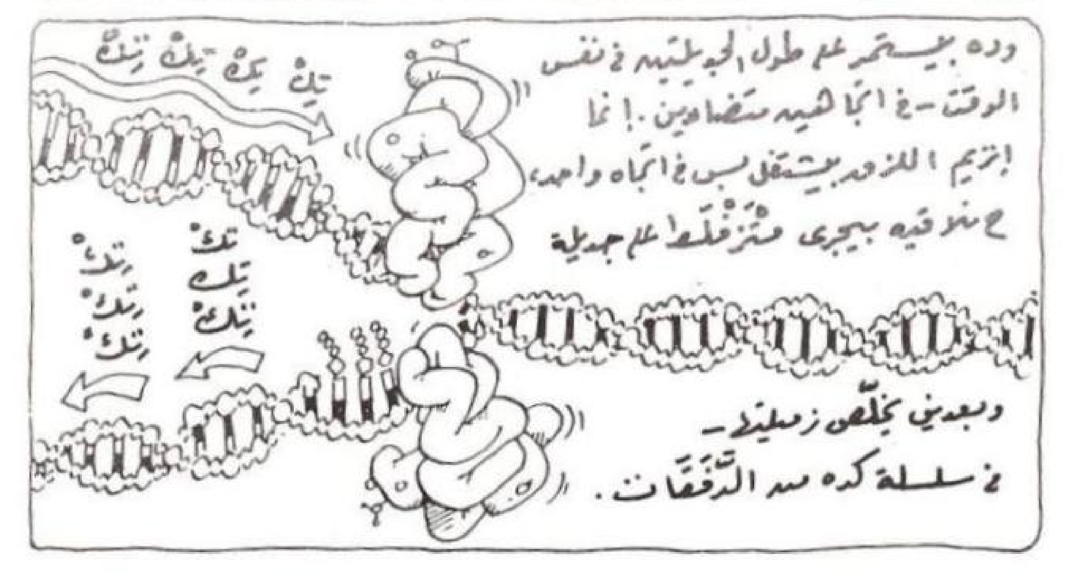


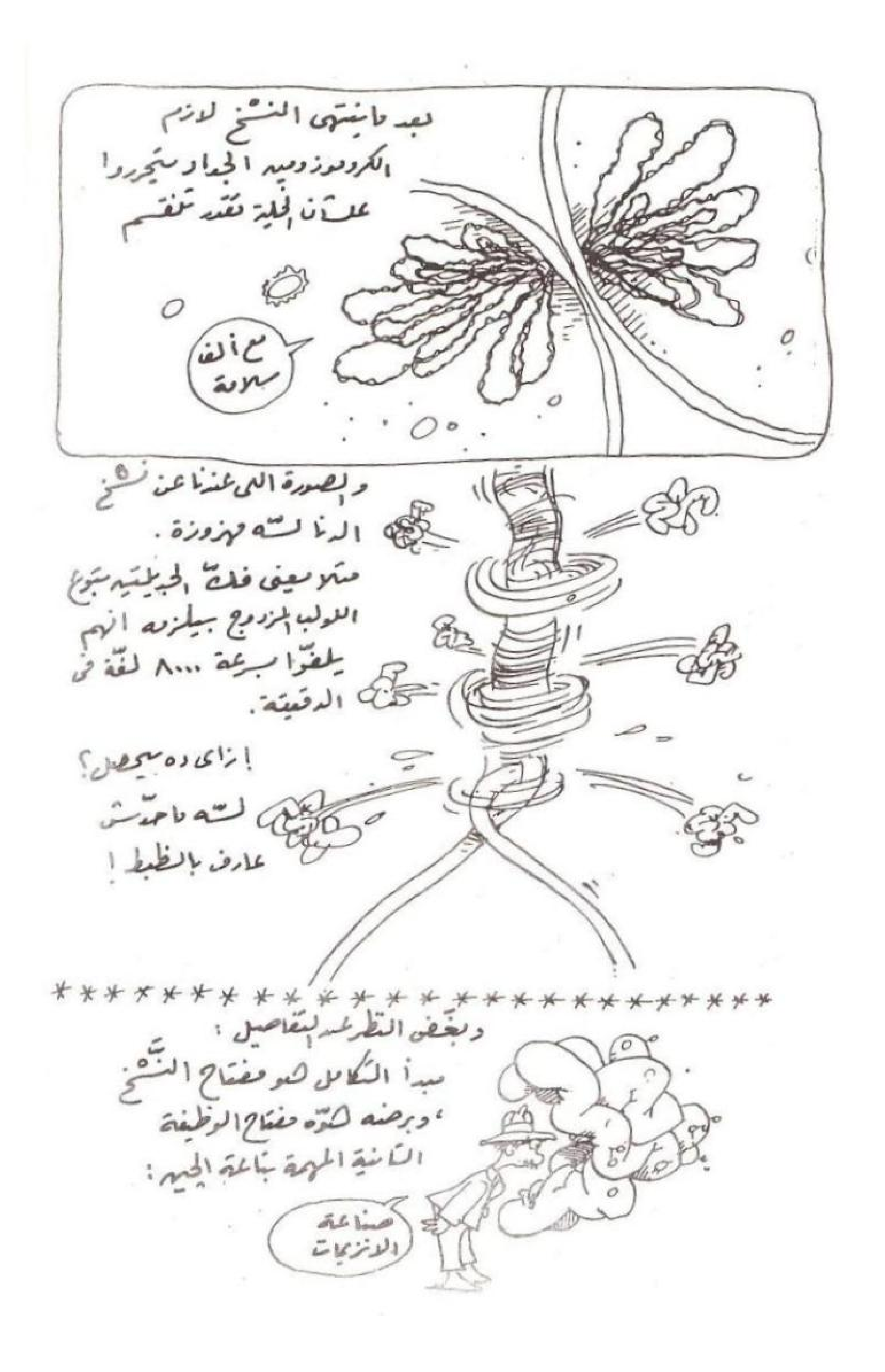

وعملية النسخ في الواقع أعقد
من كده بكتير - ده حتى في
بكتريا إ. كولاي اللي
درسوها كتير، لسه
العملية مش مفهومة
بالظبط
عاوزه
أتفك


في إ. كولاي بيبتدي النسخ لما انزيم "الفسخ" يفسخ الجديلتين بتوع الدنا
ويبعدهم عن بعض في منطقة صغيرة بنسميها "الأصل"
A
T
C
G
G
C
T
حواليه دي ح نلاقي كمية كبيرة من النوتيدات الحرة ،
ودي الأحجار اللي ح تبني الجديلة الجديدة . كل نوتيدة
معمولة من سكر ، وقاعدة واحدة من الأربعة ،
وتلاتة فوسفات بتجرهم ورا


لما تيجي نوتيدة حُرّة ومالهاش
القاعدة المكملة ليها على الدنا،
تقوم لوزقة فيها،
إنما النوتيدة الغلط
ح تتطرد بعيد.

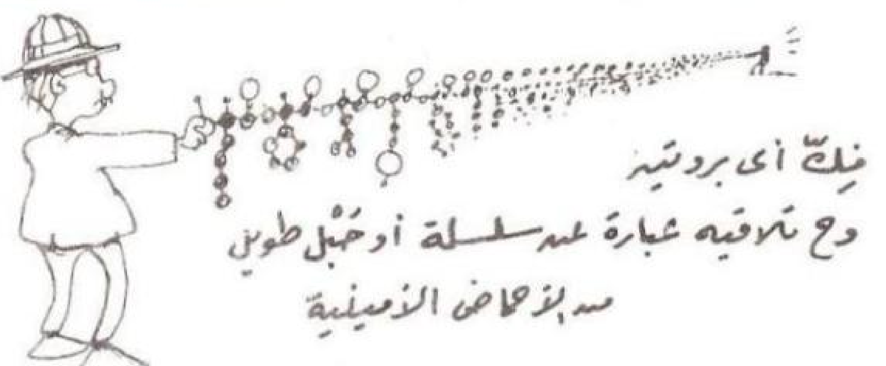

إنزيم «الفسخ» ح يبدأ
يفسخ الجديلتين بعيد عن بعض
، وفي أثناء شغله تنضاف
نوتيدات ونوتيدات زيادة ،
وبعدين فيه إنزيم لزوق
بيلزقهم في بعض
وتتقص الفوسفات الزيادة

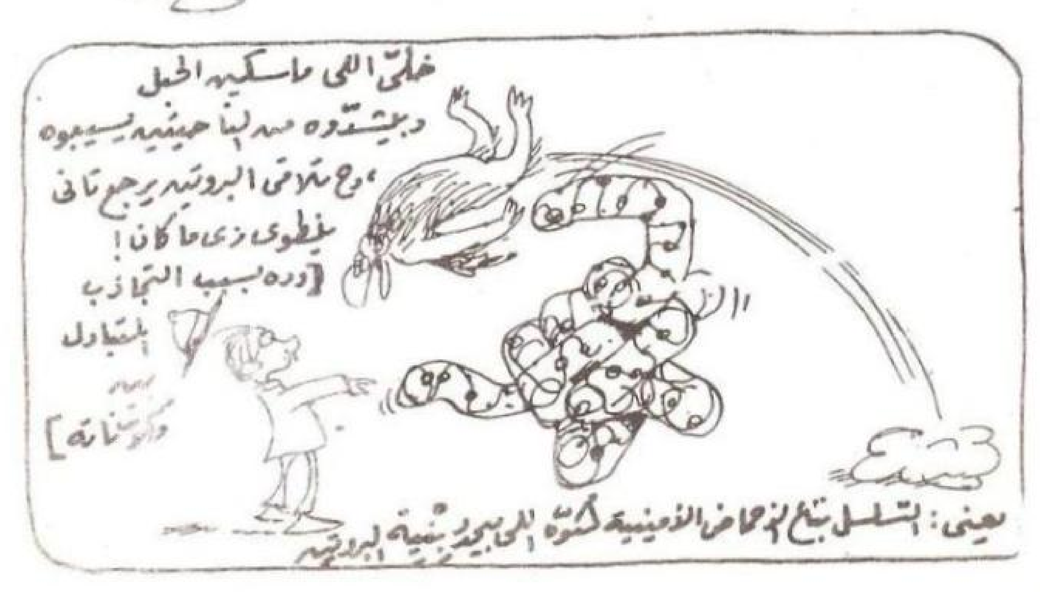

ودة بيستمر على طول الجديلتين في نفس
الوقت - في اتجاهين متضادين. إنما
إنزيم اللزق بيشتغل بس في اتجاه واحد،
ح نلاقيه بيجري متزقلط على جديلة
تك تك تك تك
تك
تك
تك
وبعدين يخلّص زميله -
في سلسلة كده من الدفقات.



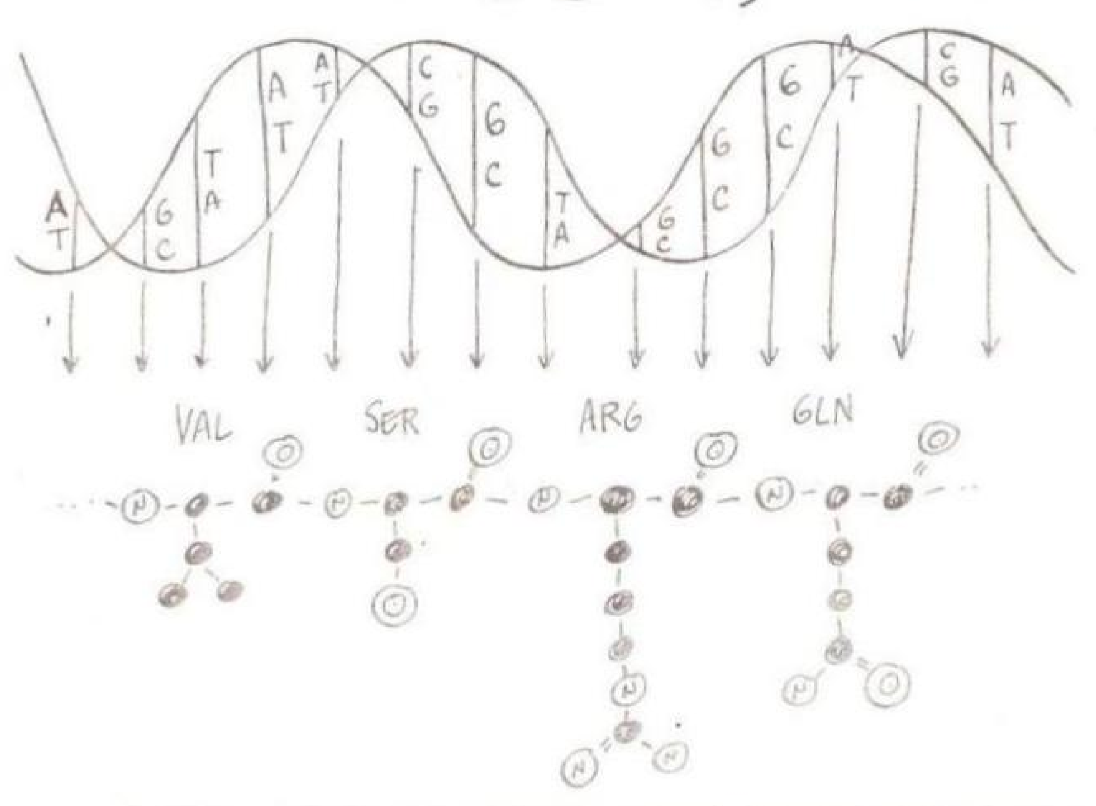
لبعد ما ينتهي النسخ لازم
الكروموزومين الجداد يتحرروا
علشان الخلية تقدر تنقسم
مع ألف سلامة
والصورة اللي عندنا عن نسخ
الدنا لسه مهزوزة .
مثلا يعني فك الجديلتين بتوع
اللولب المزدوج بيلزمه انهم
يلفوا بسرعة ٨٠٠٠ لفة في
الدقيقة .
إزاي ده بيحصل؟
لسه ما حدش
عارف بالظبط !
ونغض النظر عن التفاصيل :
مبدأ التكامل هو مفتاح النسخ
، وبرضه هوه مفتاح الوظيفة
التانية المهمة بتاعة الجين :
صناعة الانزيمات


الجزئ هو الرسالة
الانزيمات وغيرها من
البروتينات موجودة في
أشكال كتيرة ..
إنما كلها بتتشابه
في حاجة
واحدة
فهمه


خد أى بروتين
وح تلاقيه عبارة عن سلسلة أو حبل طويل
من الأحماض الأمينية


خلى اللى ماسكين الحبل
وح تلاقى البروتين يرجع تانى
ينطوى زى ما كان !
[وده بسبب التجاذب
المتبادل
وكونتانة]
يعنى: التسلسل بتاع الأحماض الأمينية هو اللى بيحدد بنية البروتين

العلاقة اللي بين الجينات والبروتينات بتخلّينا نقول إن التتابع بتاع الدنا لازم بشكل أو بآخر بيعكس التتابع بتاع البروتين





تتابع أزواج القواعد يمكن نعتبره متوالية من «الكلمات» بتحدد ترتيب الأحماض الأمينية في كل بروتين



١
«جزئ مرسال» منسوخ من الدنا

AUGUACUCAACAGGUUAAGUGA

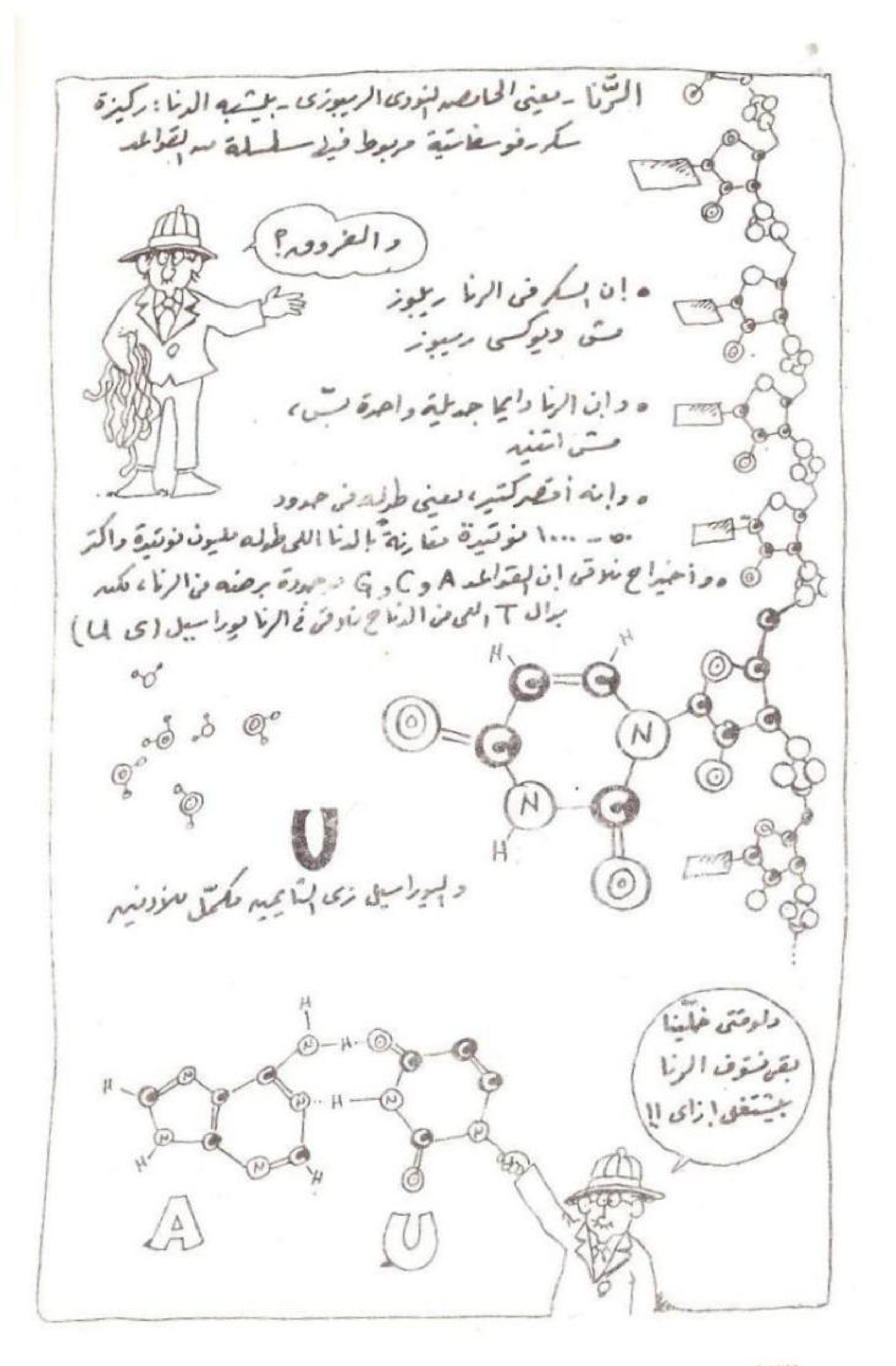
UCC

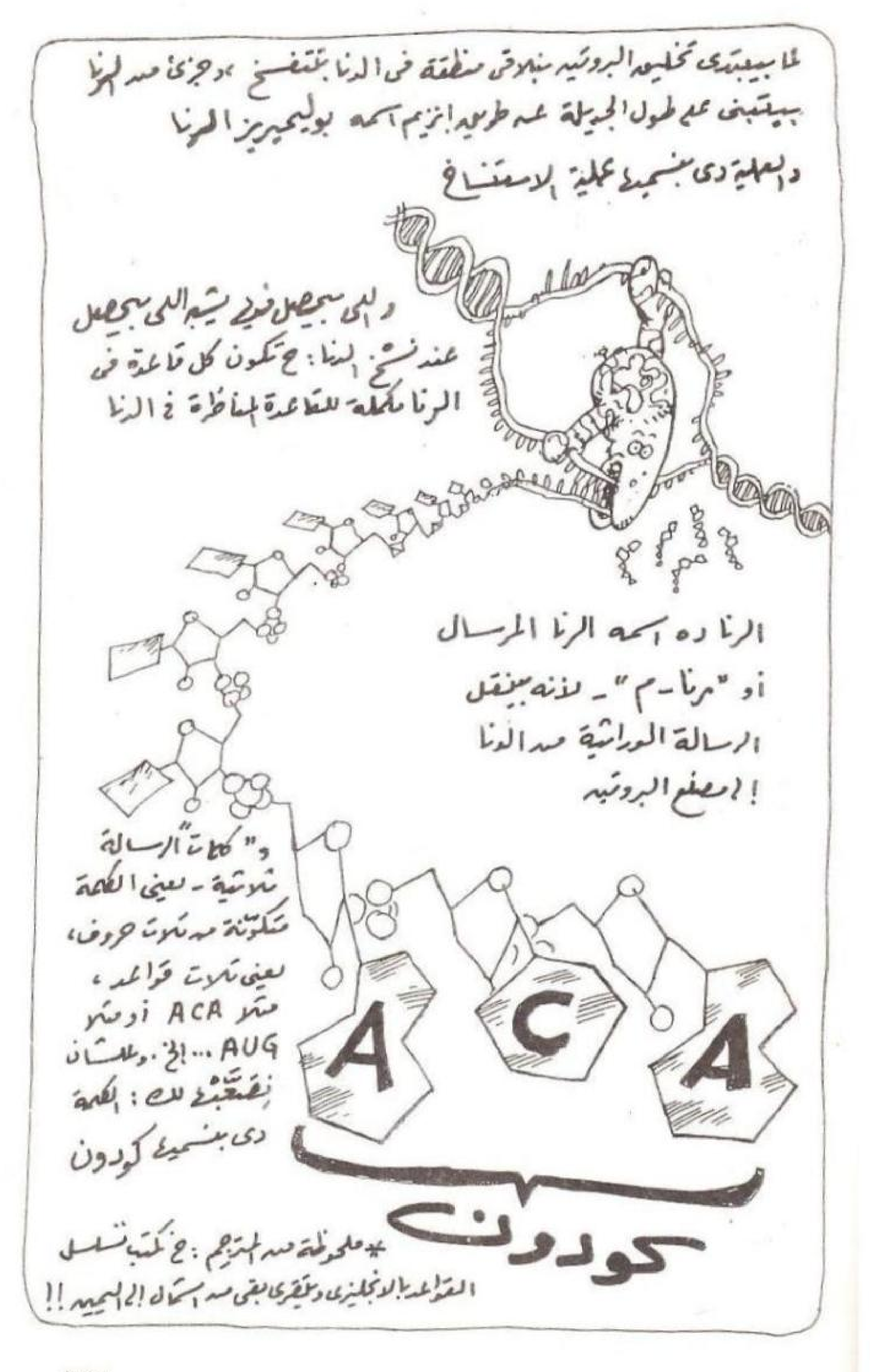
٢
فيه عائلة من
جزيئات «مُترجمة»
بتربط «الرسالة»
بالأحماض الأمينية

٣
ده جسم كبير من اللي بيحفظ
كل شئ في مكانه الصحيح،
وبساعد في عمل الرابطة
بين الأحماض الأمينية

كل واحدة من
التلات حاجات دول
معمولة (كليًّا أو
جزئيًّا) من الحامض
النووي التاني اللي
اسمه
الرنا

د-نا-أ-أ-أ-اي


الرنا - يعني الحامض النووى الريبوزى - بيشبه الدنا: ركيزة سكر - فوسفاتية مربوط فيها سلسلة من القواعد
والفروق؟
• إن السكر فى الرنا ريبوز مش ديوكسى ريبوز
• وإن الرنا دايما جديلة واحدة بس، مش اتنين
• وإنه أقصر كتير، يعنى طوله فى حدود ٥٠ - ١٠٠٠ نوتيدة مقارنة بالدنا اللى طوله مليون نوتيدة وأكتر
• وأخيرا ح نلاقى إن القواعد A و C و G موجودة برضه فى الرنا، لكن بدال T اللى فى الدنا ح نلاقى فى الرنا يوراسيل (ى U)
U
واليوراسيل زى الثايمين مكمل للأدنين
دلوقتى خلينا بقى نشوف الرنا بيشتغل إزاى!!
A
U



لما بيبتدى تخليق البروتين بنلاقى منطقة فى الدنا بتتفسخ، وجزئ من الرنا
بيتبنى على طول الجديلة عن طريق إنزيم اسمه بوليميريز الرنا
والعملية دى بنسميها عملية الاستنساخ
واللى بيحصل فيه شبه اللى بيحصل
عند نسخ الدنا: ح تكون كل قاعدة فى
الرنا مكملة للقاعدة المناظرة فى الدنا
الرنا ده اسمه الرنا المرسال
أو "رنا-م" - لأنه بينقل
الرسالة الوراثية من الدنا
! لمصنع البروتين
و"كلمات" الرسالة
ثلاثية - يعنى الكلمة
متكونة من تلات حروف،
يعنى تلات قواعد،
مثلا ACA أو مثلا
AUG ... إلخ. وعلشان
نصعّبها لك: الكلمة
دى بنسميها كودون
A
C
A
كودون
*ملحوظة من المترجم: ح نكتب تسلسل
القواعد بالانجليزى وتقرى ابقى من الشمال لليمين !!

الكودون أبو تلات قواعد ده معناه:
حامض أميني —
وجديلة الرنا—م كلها متشفّرة لبروتين
يعني دي بالضبط تقدر تعتبرها
رسالة متشفّرة



الشَّفْرة الوِراثيّة

بدأ تفسير الشفرة الوراثية سنة ١٩٦١ لما
قدر مارشال نيرنبرج يعمل رنا—م مخصوص
كل قواعده يوراسيل (U) يعني:
UUUU... متكررة ومتكررة

U U U U U U U U U U U

Phe – Phe – Phe – Phe – Phe

وقدر منه يطلّع بروتين كله من الحامض
الأميني: فينايل ألانين

يعني لازم يكون الكودون بتاع الفينايل ألانين هو:
UUU.

بعد كده اتحلّت شفرة القاعدة A
لواحدها متكررة ومتكررة وللقاعدة
C، وبعدين لتلات قواعد UGU
متكررين... إلخ. لحد في الآخر
ما اتحلت كل الشفرات

UUU → Phe
AAA → Lys
CCC →
UGU
GUU
UUG → Leu
GUG → Val

ده الجدول بتاع الشفرة
اللي موجود في الصفحة
الجاية ...

الحرف الثاني ⊛

الحرف الأول ⊛ (الصفوف) — الحرف الثالث ⊛ (العمود الأيمن)

	U	C	A	G	
U	UUU, UUC } PHE UUA, UUG } LEU	UCU, UCC, UCA, UCG } SER	UAU, UAC } TYR UAA, UAG } STOP	UGU, UGC } CYS UGA STOP UGG TRP	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG } LEU	CCU, CCC, CCA, CCG } PRO	CAU, CAC } HIS CAA, CAG } GLN	CGU, CGC, CGA, CGG } ARG	U C A G
A	AUU, AUC, AUA } ILE AUG MET	ACU, ACC, ACA, ACG } THR	AAU, AAC } ASN AAA, AAG } LYS	AGU, AGC } SER AGA, AGG } ARG	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG } VAL	GCU, GCC, GCA, GCG } ALA	GAU, GAC } ASP GAA, GAG } GLU	GGU, GGC, GGA, GGG } GLY	U C A G

• الشفرة فيها شوية حشو: لأن عندنا ٦٤ كودون إنما فيه ٢٠ حمض أميني بس - لازم يبقى فيه "مترادفات" يعني كودونات مختلفة بتشفر لنفس الحمض الأميني.

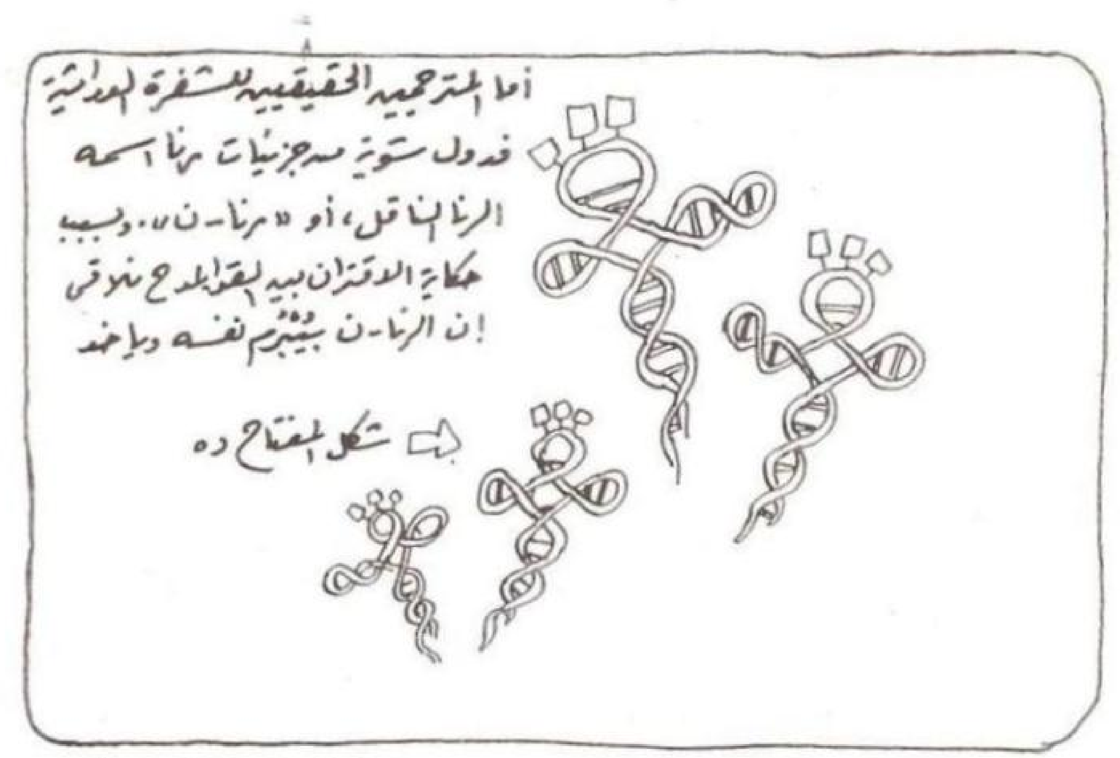
شوية نقط مهمة

• فيه إشارات توقف بتقول "قف STOP": فيه ٣ كودونات مابتشفروش لأي حمض أميني، ودول بيحددوا من إنهاء الرسائل.

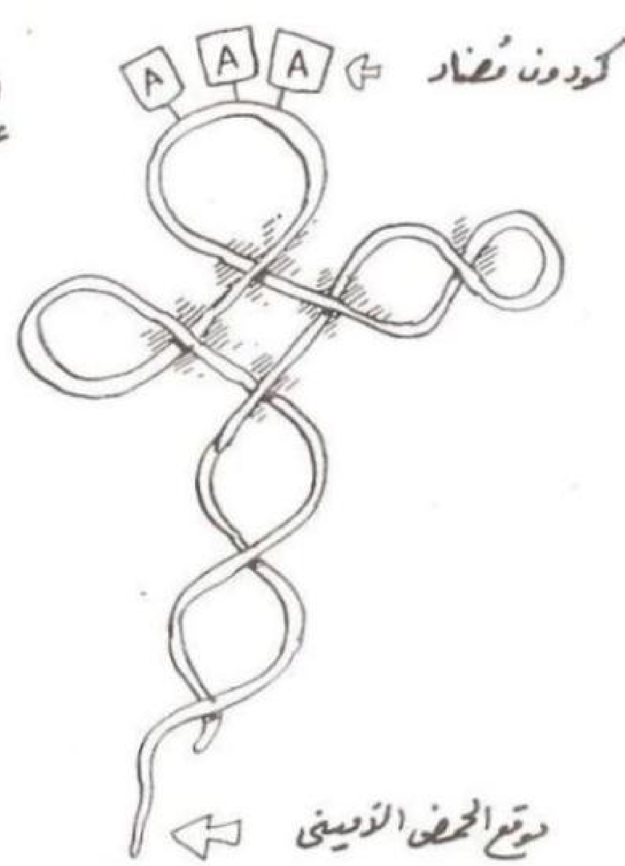
• وكمان: الشفرة لا تتراكب. يعني "الكلمات" بتيجي ورا بعضها من غير فراغات بينها، وما بتركبش على بعض. وح نشوف حالاً إزاي بنعرف تبتدي منين....

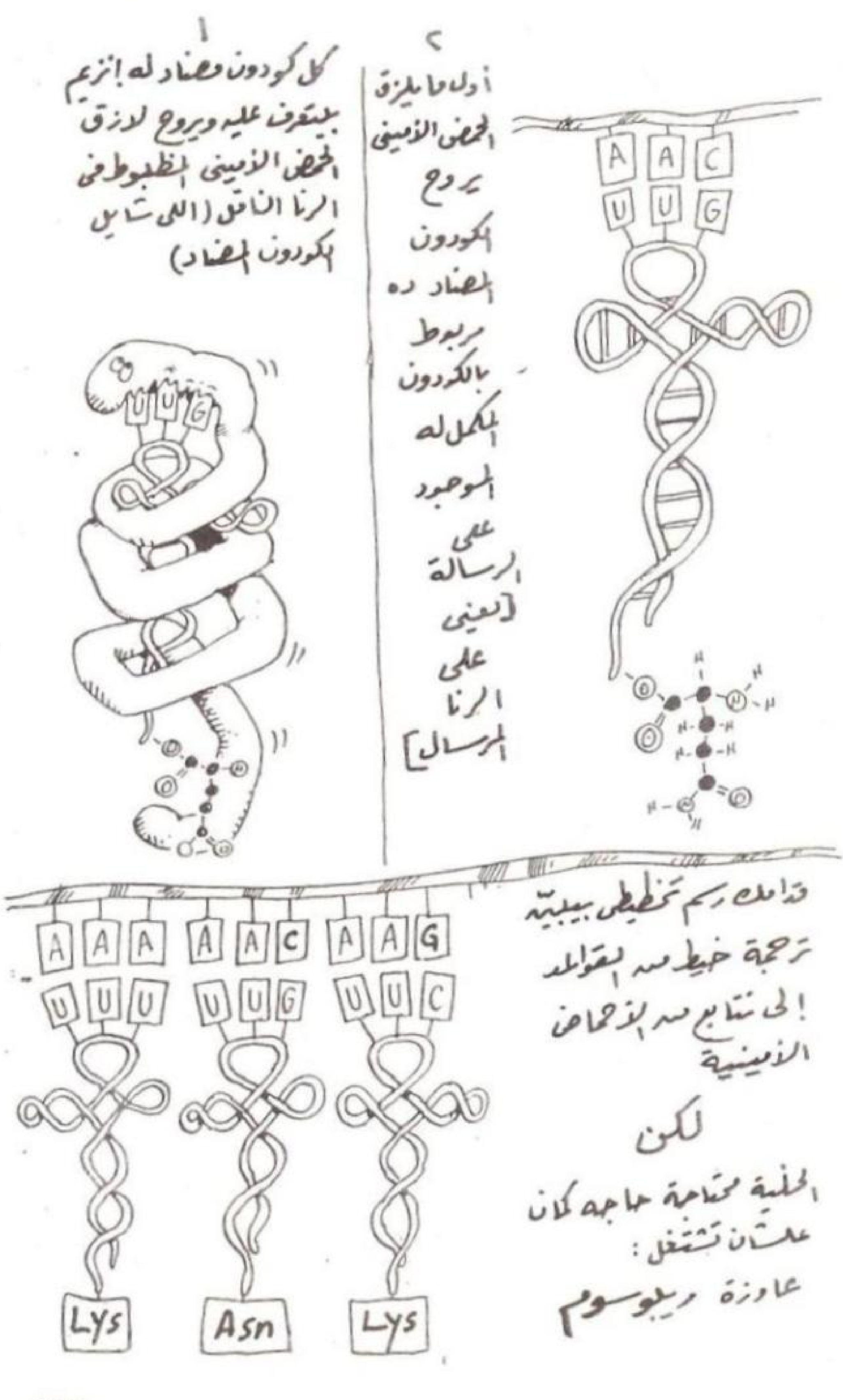
A U G C C G U A A G

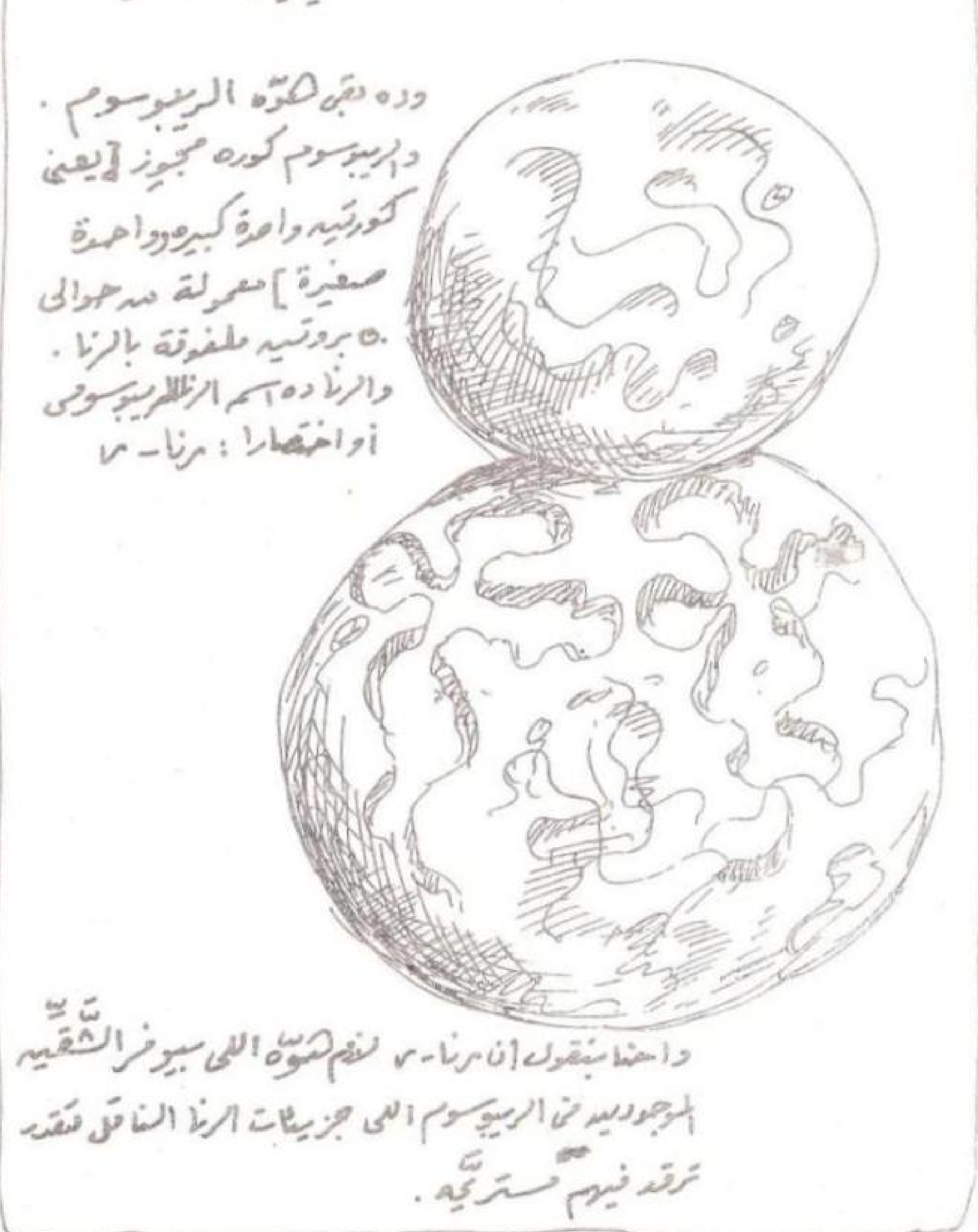
⊛ ارجع للصفحة ١١٠ علشان تعرف أسماء الأحماض الأمينية اللي جوه الجدول

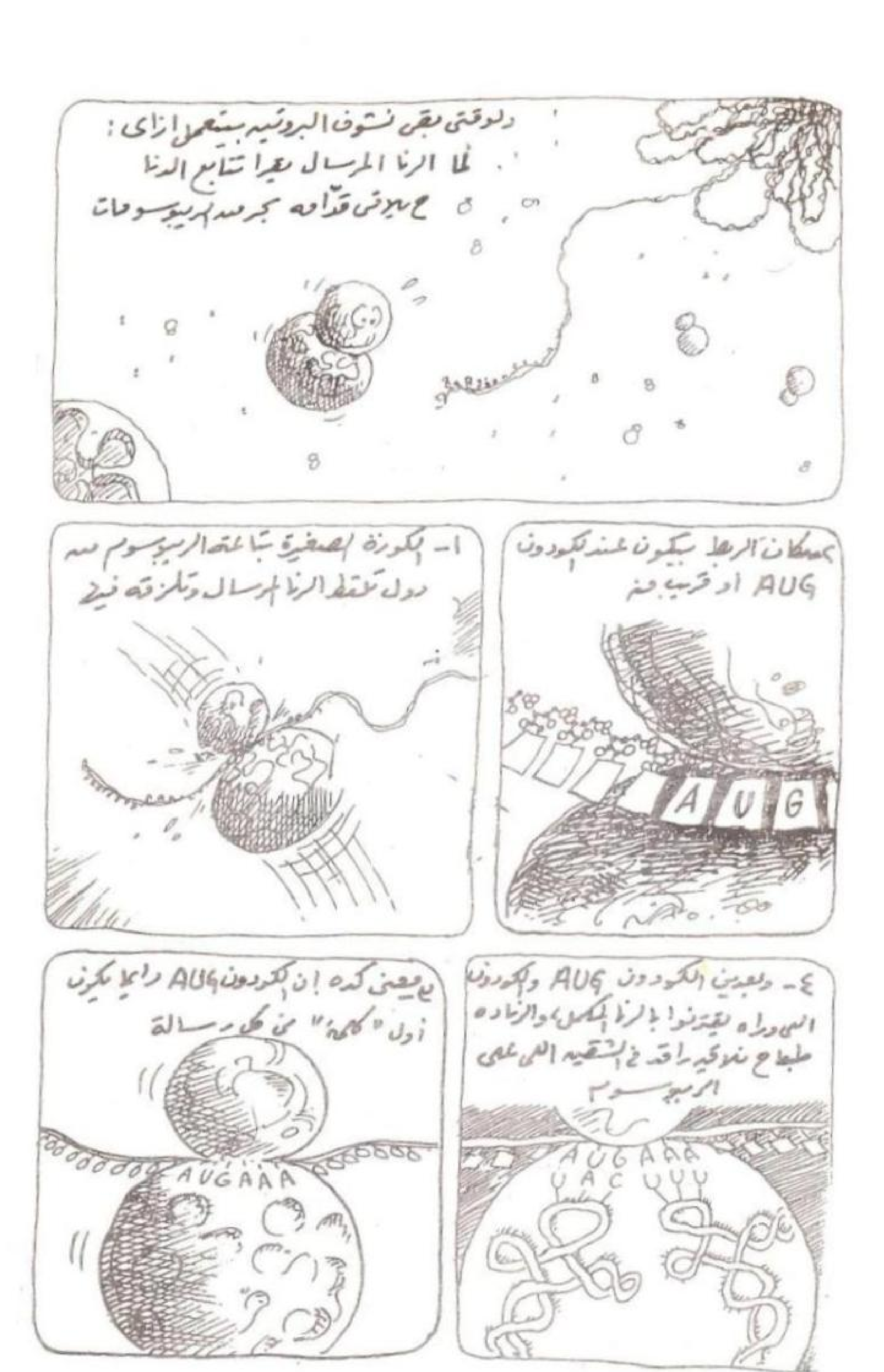


ح نلاقي طرف الرنا اللي فيه
الأنشوطة شايل ٣ قواعد
غير مقترنة، بنسميها
الكودون المضاد
وده يقدر يلتقي مع
الكودون المكمل له
الموجود على الرنا المرسال.
وفي الطرف السايب بتاع
الرنا-ن فيه مكان
عشان تتلزق فيه
حمض أميني واحد

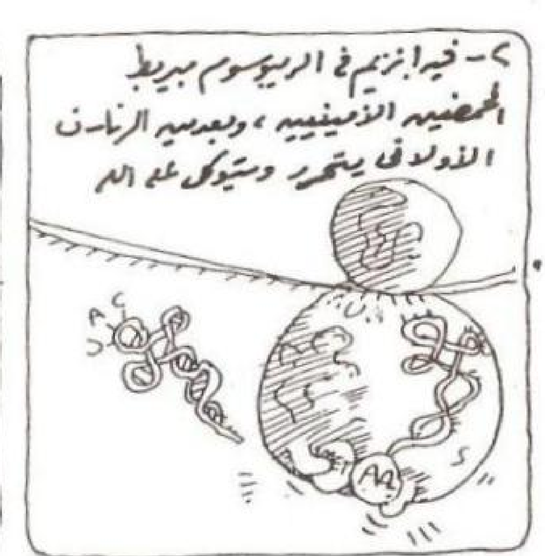



١
كل كودون مضاد له إنزيم
بيتعرف عليه ويروح لازق
الحمض الأميني المظبوط في
الرنا الناقل (اللي شايل
الكودون المضاد)
UUG
٢
أول ما يلزق
الحمض الأميني
يروح
الكودون
المضاد ده
مربوط
بالكودون
المكمل له
الموجود
على
الرسالة
[يعني
على
الرنا
المرسال]
A A C
U U G
قدامك رسم تخطيطي بيبين
ترجمة خيط من القواعد
إلى تتابع من الأحماض
الأمينية
A A A
U U U
Lys
A A C
U U G
Asn
A A G
U U C
Lys
لكن
الخلية محتاجة حاجة كمان
علشان تشتغل:
عاوزة ريبوسوم


البروتينات: بتتعمل ازاي؟
لسه جهاز صناعة البروتين ناقصه حاجة واحدة: ناقصه جسم يمسك كل حاجة ويخليها في مكانها.
ودي بقى الكورة الريبوسوم.
الريبوسوم كورة مجوز [يعني كورتين واحدة كبيرة وواحدة صغيرة] معمولة من حوالي ٥٠ بروتين ملفوفة بالرنا. والرنا ده اسمه الرنا الريبوسومي أو اختصارا: ر رنا - ر
واحنا بنقول إن ر رنا - ر تنظم الشقوق اللي بيوفر الشقية الموجودة في الريبوسوم اللي جزيئات الرنا الناقل تقدر ترقد فيهم مستريحة.

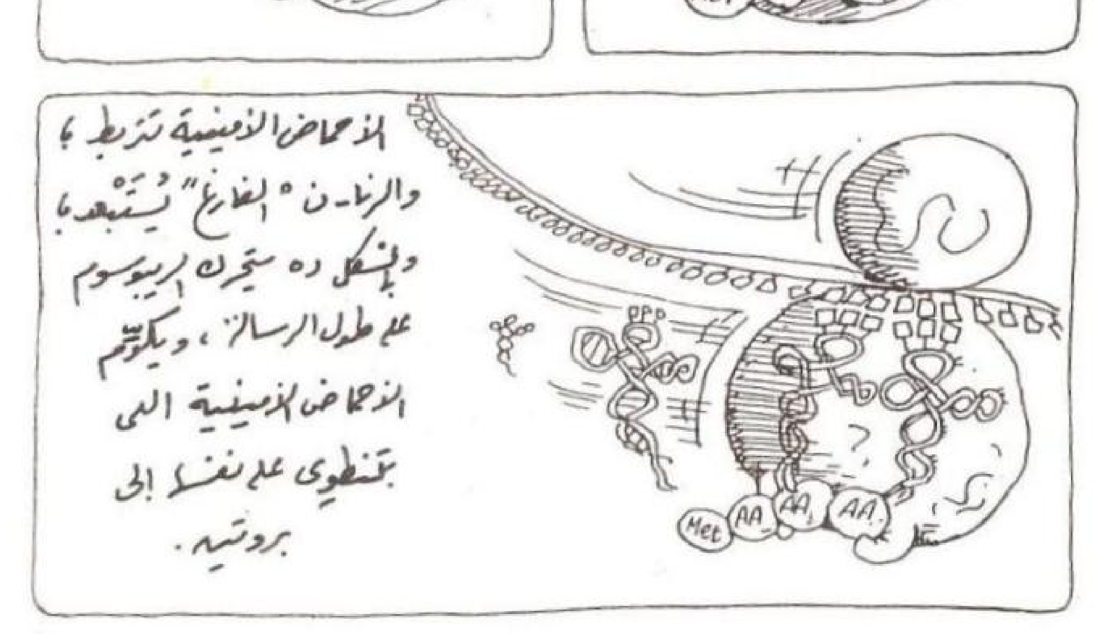

دلوقتي بقى نشوف البروتين بيتعمل ازاى :
لما الرنا المرسال يقرا تتابع الدنا
ح يلاقى قدامه مجموعة ريبوسومات
١- الكورة الصغيرة بتاعة الريبوسوم دي
دول تلتقط الرنا المرسال وتلزقه فيها
٢- مكان الربط بيكون عند الكودون
AUG أو قريب منه
A U G
٣- يعني كده إن الكودون AUG دايما يكون
أول "كلمة" من كل رسالة
AUGAAA
٤- وبعدين الكودون AUG والكودون
اللي وراه يقترنوا بالرنا العكسي، والزيادة
طبعا ح نلاقيه راقد في الشقية اللي على
الريبوسوم
AUGAAA
UAC UUU


١- وكل رنا-ن طبعاً شايل حامض أميني (AA)، والأول سيكون دايما ميثايونين اللي الكودون بتاعه هو AUG - شوف صفحة ١٢٥
MET
AA


٢- فيه إنزيم في الريبوسوم بيربط الحمضين الأمينيين، وبعدين الرنا-ن الأولاني يتحرر ويتوكل على الله
AA

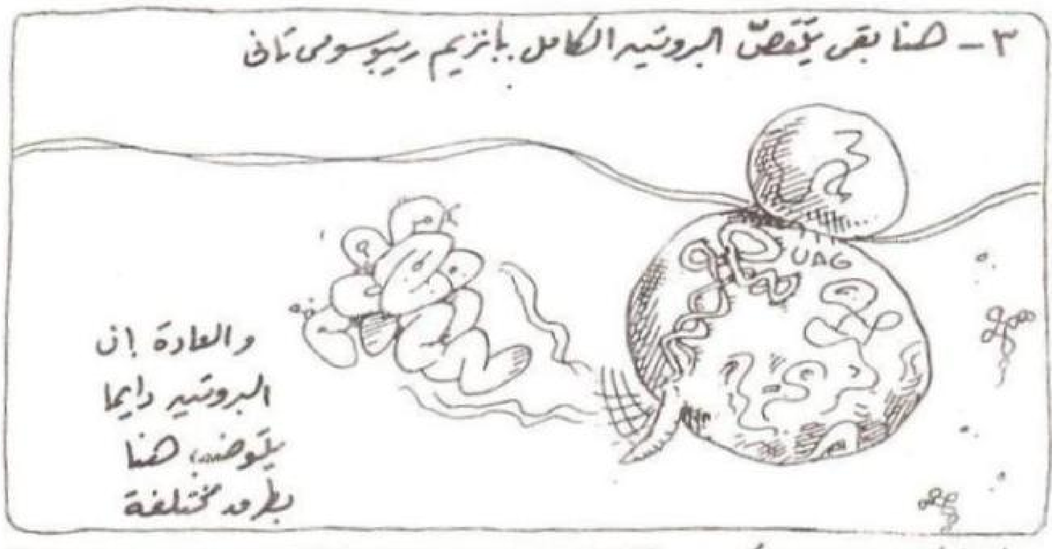

٣- بعد كده يتحرك الريبوسوم مسافة ٣ قواعد
MET
AA


٤- ويجي رنا-ن تاني ومعاه حامض أميني ويترابط
MET
AA
AA


الأحماض الأمينية تترابط، والرنا-ن "الفارغ" بيتبعد، وبالشكل ده يتحرك الريبوسوم على طول الرسالة، ويكوّن الأحماض الأمينية اللي بتنطوي على نفسها إلى بروتين.
Met
AA
AA
AA



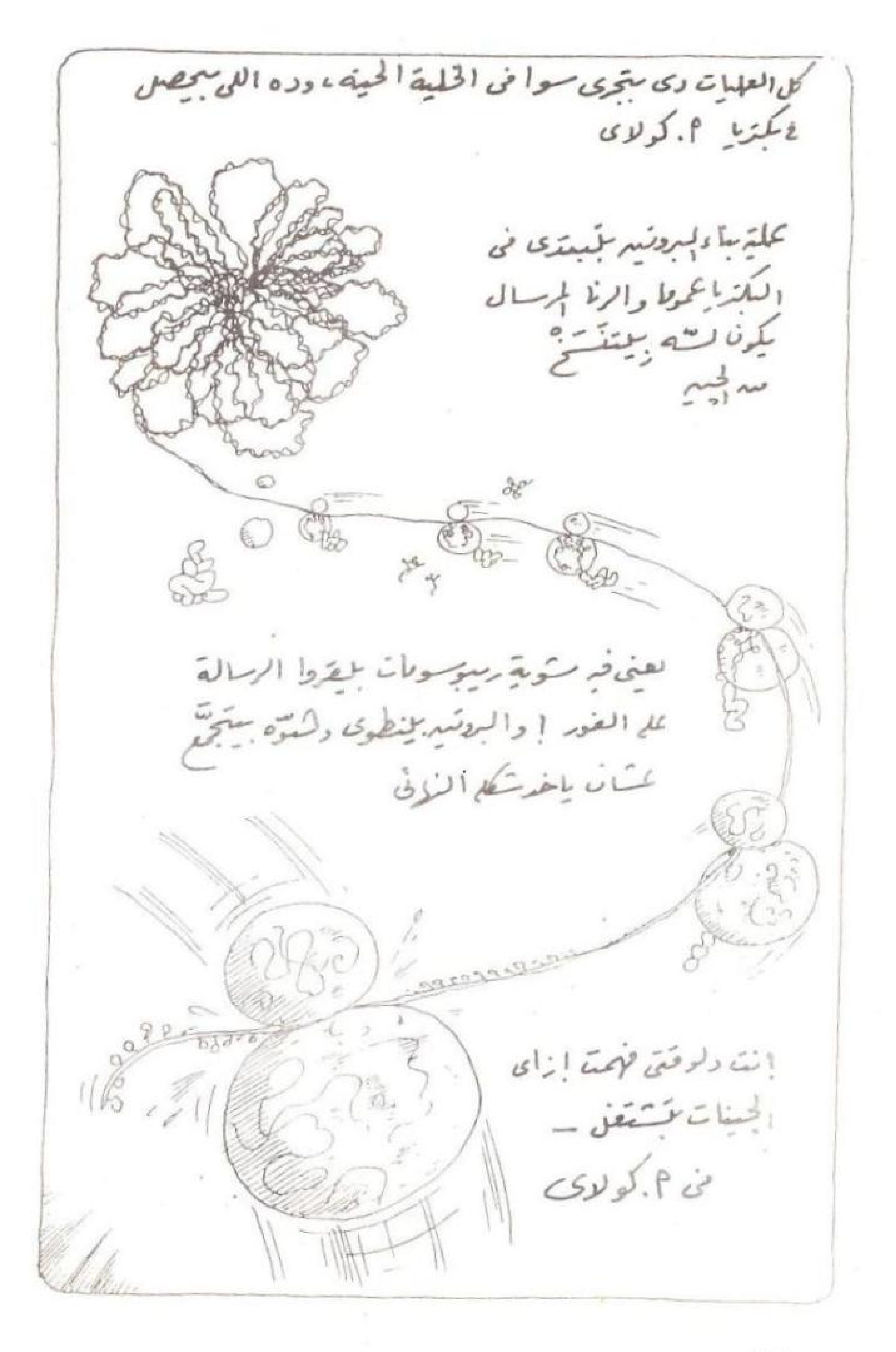


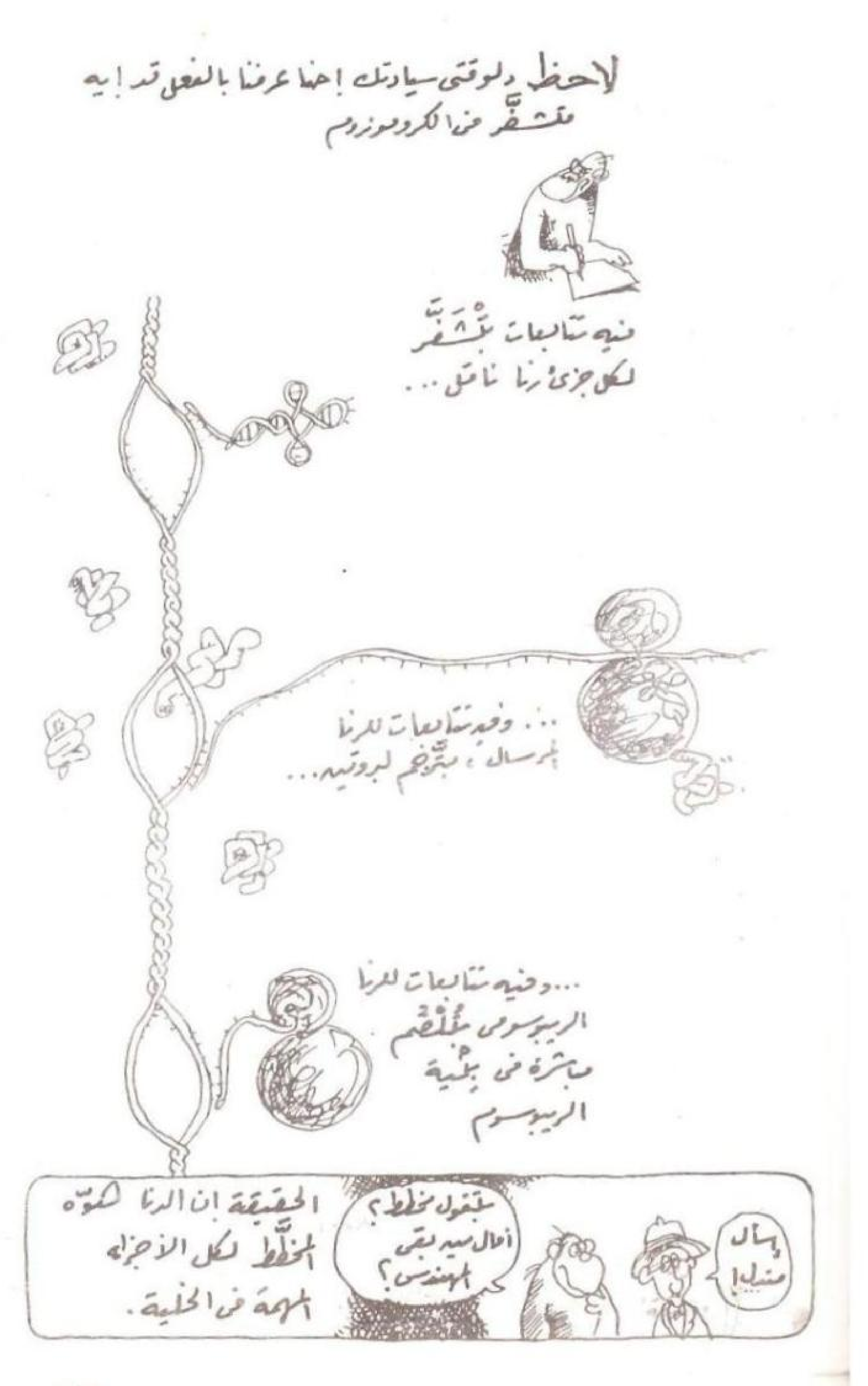


٤- وأخيرا ينفصل الريبوسوم والرسالة، والرنا-ن.. كلهم.

والجزئ المخلوق ده بيتوكل على الله ويروح بقى يؤدى وظيفته، وظيفة بنيوية، أو إنزيم، أو أى حاجة...




كل العمليات دى بتجرى سوا فى الخلية الحية، وده اللى بيحصل
ع بكتريا إ. كولاى
عملية بناء البروتين بتبتدى فى
البكتريا عموما والرنا المرسال
بيكون لسه بيتنسخ
من الجين
يعنى فيه شوية ريبوسومات بيقروا الرسالة
على الفور! والبروتين بينطوى وهوه بيتجمع
عشان ياخد شكله النهائى
إنت دلوقتى فهمت إزاى
الجينات بتشتغل -
فى إ. كولاى


لاحظ دلوقتى سيادتك إحنا عرفنا بالفعل قد إيه
متشفّر فى الكروموزوم
فيه تتابعات بتشفّر
لكل جزئ رنا ناقل...
...وفيه تتابعات للرنا
المرسال، بتترجم لبروتين...
...وفيه تتابعات للرنا
الريبوسومى بتلتصق
مباشرة فى بنية
الريبوسوم
الحقيقة إن الدنا لكونه
المخطّط لكل الأجزاء
المهمة فى الخلية.
بتقول مخطط؟
أمال مين يبقى
المهندس؟

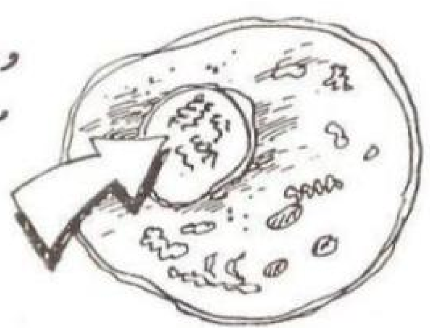
بدائيات النواة وحقيقيات النواة



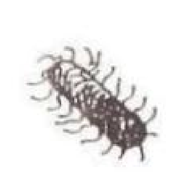
ابتدينا بسؤال عن الغوريلا والموز، وانتهينا جوة بكترياية صغيرة لا هنا ولا هناك اسمها إ. كولاي! دلوقتي بقى نقدر نقول إيه عن الأشكال التانية للحياة؟

أولاً، شوية لخبطة: خلايا النباتات والحيوانات والكائنات التانية العالية، أو في الحقيقة كل الخلايا اللي ليها نواة - بنسميها خلايا حقيقيات النواة

وحقيقيات النواة شايلة أنواع وأشكال من الأجسام، لكن أهم جسم فيها هو النواة اللي بتشيل الكروموزومات.

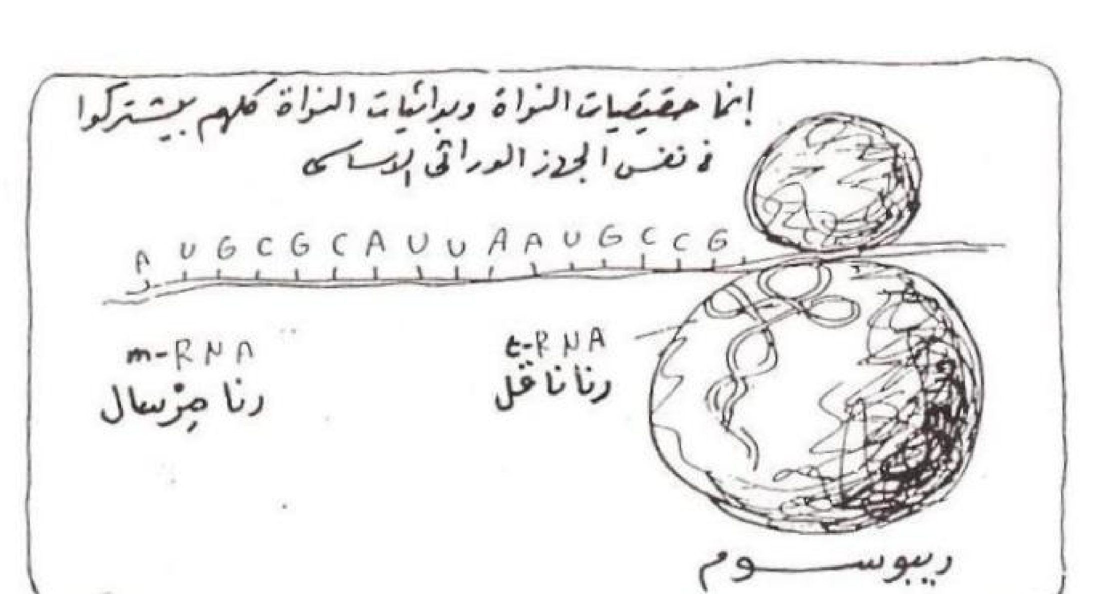


إنما البكتريا الدقيقة، بتركيبها الأبسط، فدي بنسميها بدائيات النواة



والفكرة إن بدائيات النواة لازم اتطورت قبل حقيقيات النواة المعقدة دي!





وكل الكائنات الحية لها نفس الشفرة الوراثية —

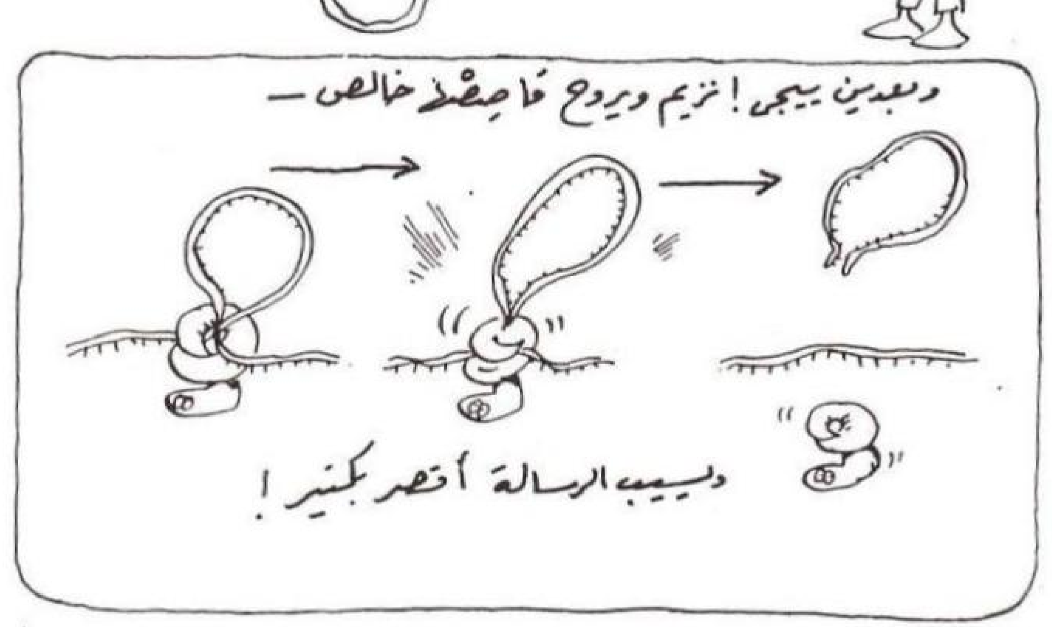
وده حقيقة بتقترح بشدة إن أصل الحياة واحد، وإن الكائنات كلها قرايب.

لكن فيه فروق كبيرة بين حقيقيات النواة وبدائيات النواة...

أول كل حاجة إن الريبوسومات بتاعة حقيقيات النواة موجودة كلها برة النواة — غشاء النواة بيفصلهم عن الجينات.

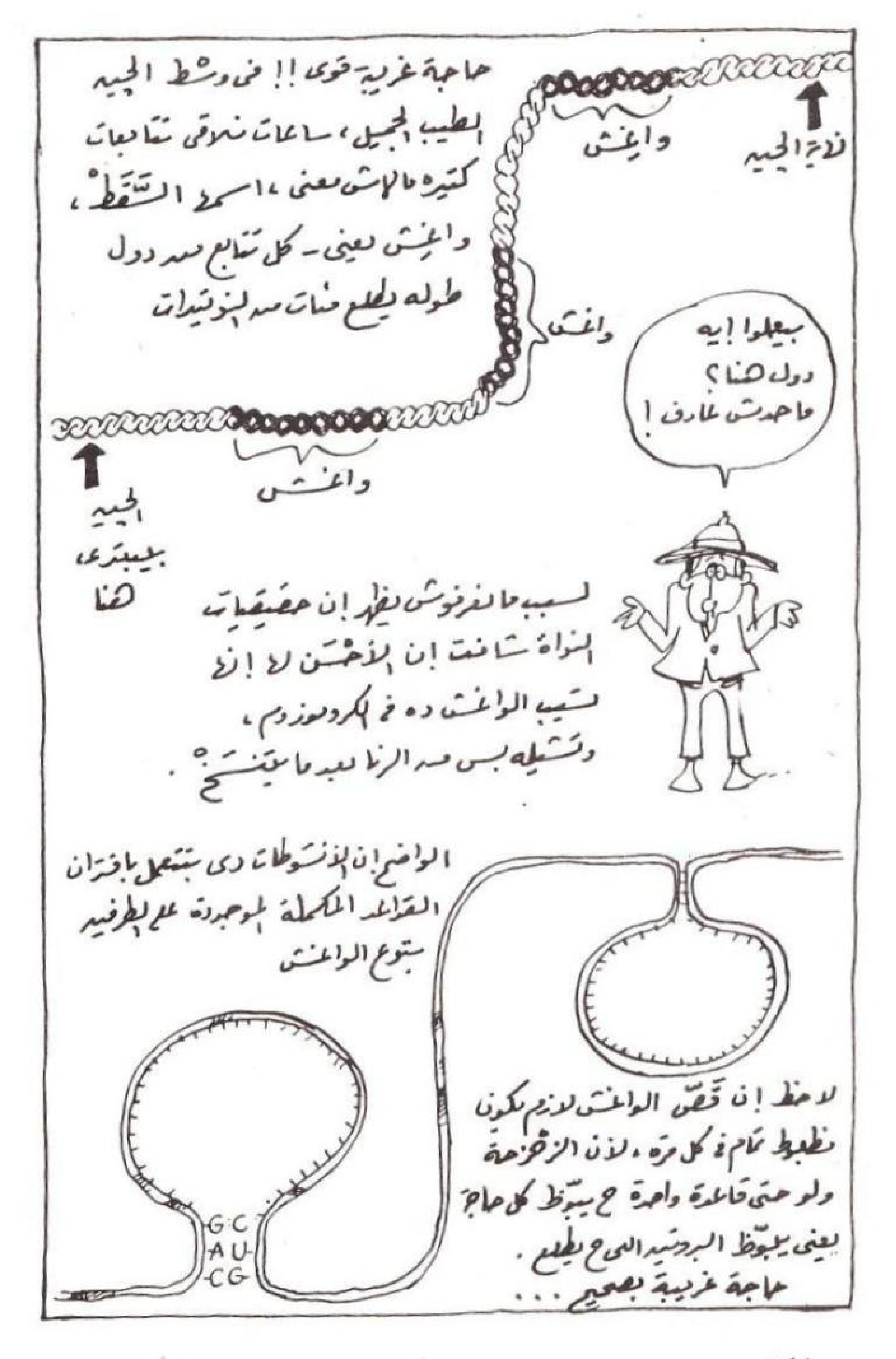

طيب، حقيقيات النواة بتعمل البروتينات ازاى؟ : غشاء النواة فيه خروم.
و الخروم دى بالدوبك تسمح للرنا والجزئيات التانية - زى بوليميريز الرنا - انه تعدى.
! لكا الريبوسومات أكبر من الخروم وماتقدرشى تعدى.
منظر النواة من جوّه
BOING
DOINK
غشاء ‎@#*
الرنا المرسال (مرنا-م) بيتعمل جوّه النواة - زى ما بيحصل فى البكتريا -
لكن لفناح نلاقى شوية تعديلات...
- فى الطرف اللى فيه « إبتدى »
عادة بيتضاف « طاقية »
جوانيه محوّرة مقلوبة...
- وفى الطرف التانى ح نلاقى خيط
من نوتيدات أدينيه (A)، يعنى ديل
كله A، طوله بيوصل إلى عدة
مئات من النوتيدات دى
G
U
G
A
U
G
A
A
A
A
A
ولسه ماحدّش عارف إيه وظيفة دول، ولا التعديلات
التانية فى الرنا-م بتاع حقيقيات النواة

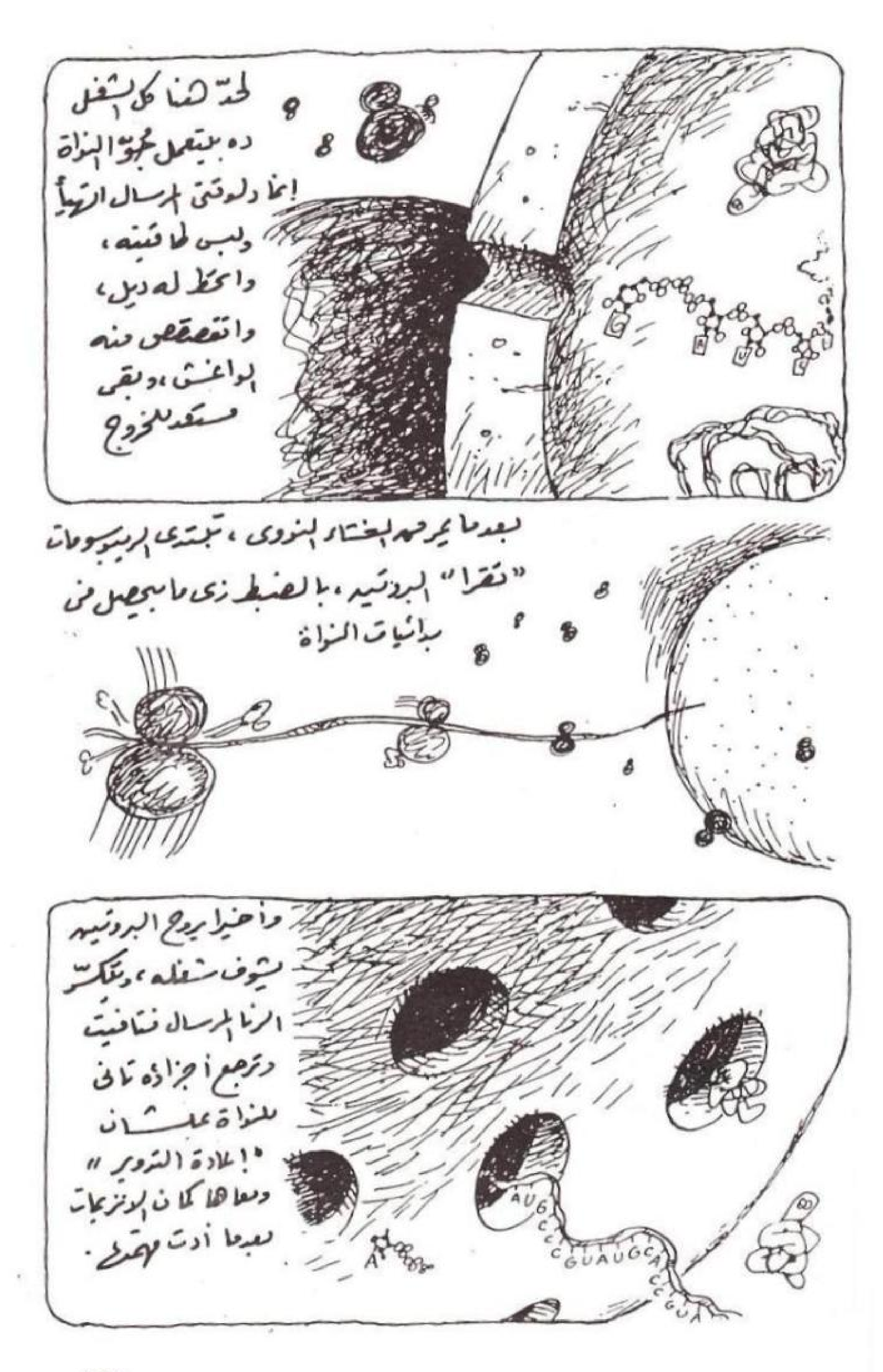
والحاجة التانية السبب فى الحقيقة فى مفاجأة من أكبر مفاجآت علم الوراثة[1]:
الرنا المرسال بيعمل أنشوطات زى دى

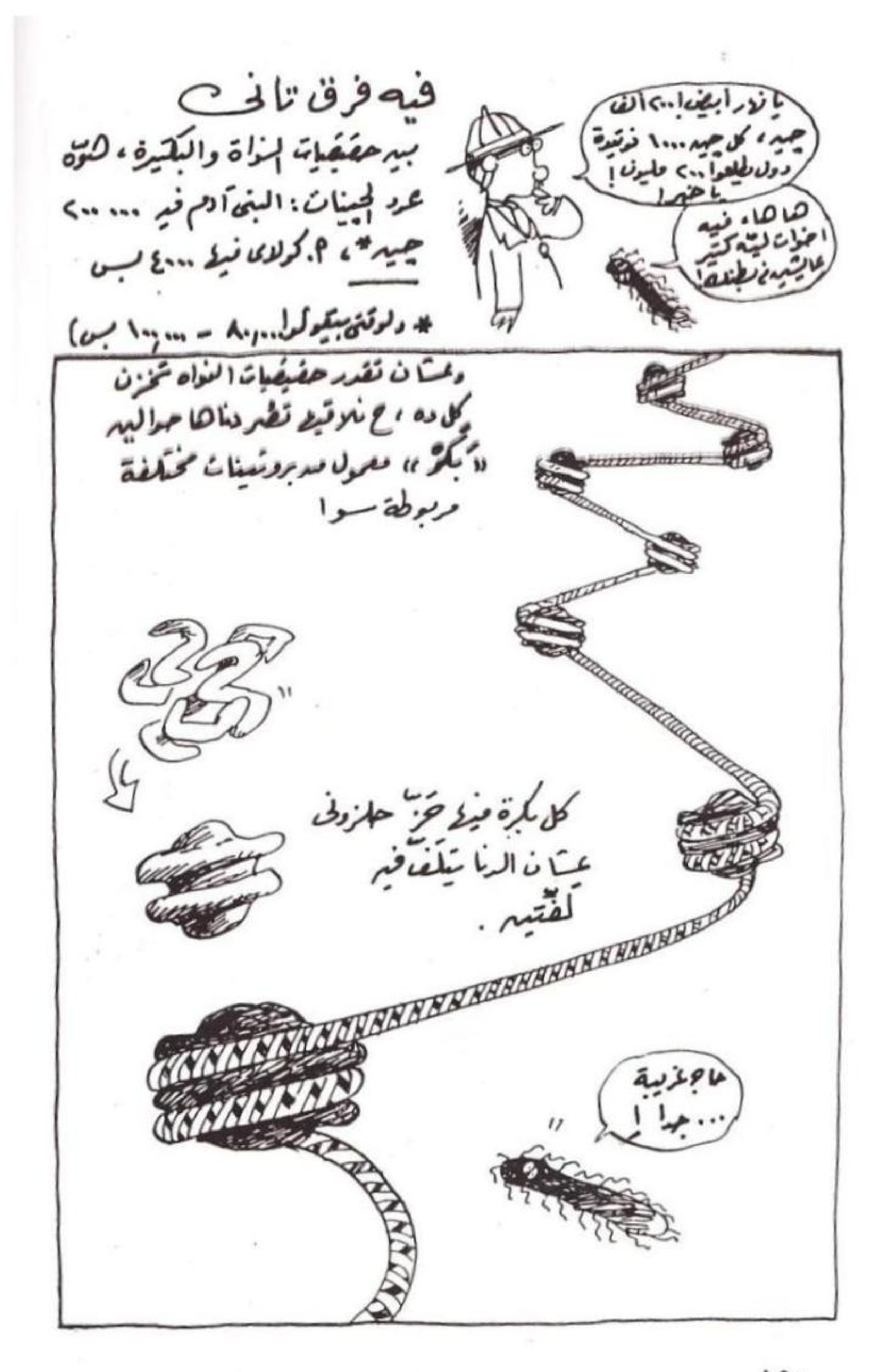


نقدر نفهم ازاى ده بيحصل،
إنما ما نقدرش نعرف السبب!
يظهر إن جينات حقيقيات
النواة متحملة بحمل تقيل
من رسائل الواغش اللى
مالهاش معنى - يعنى تتابعات
ماتترجمش لأى حاجة.
الجينات نفسها متقطعة

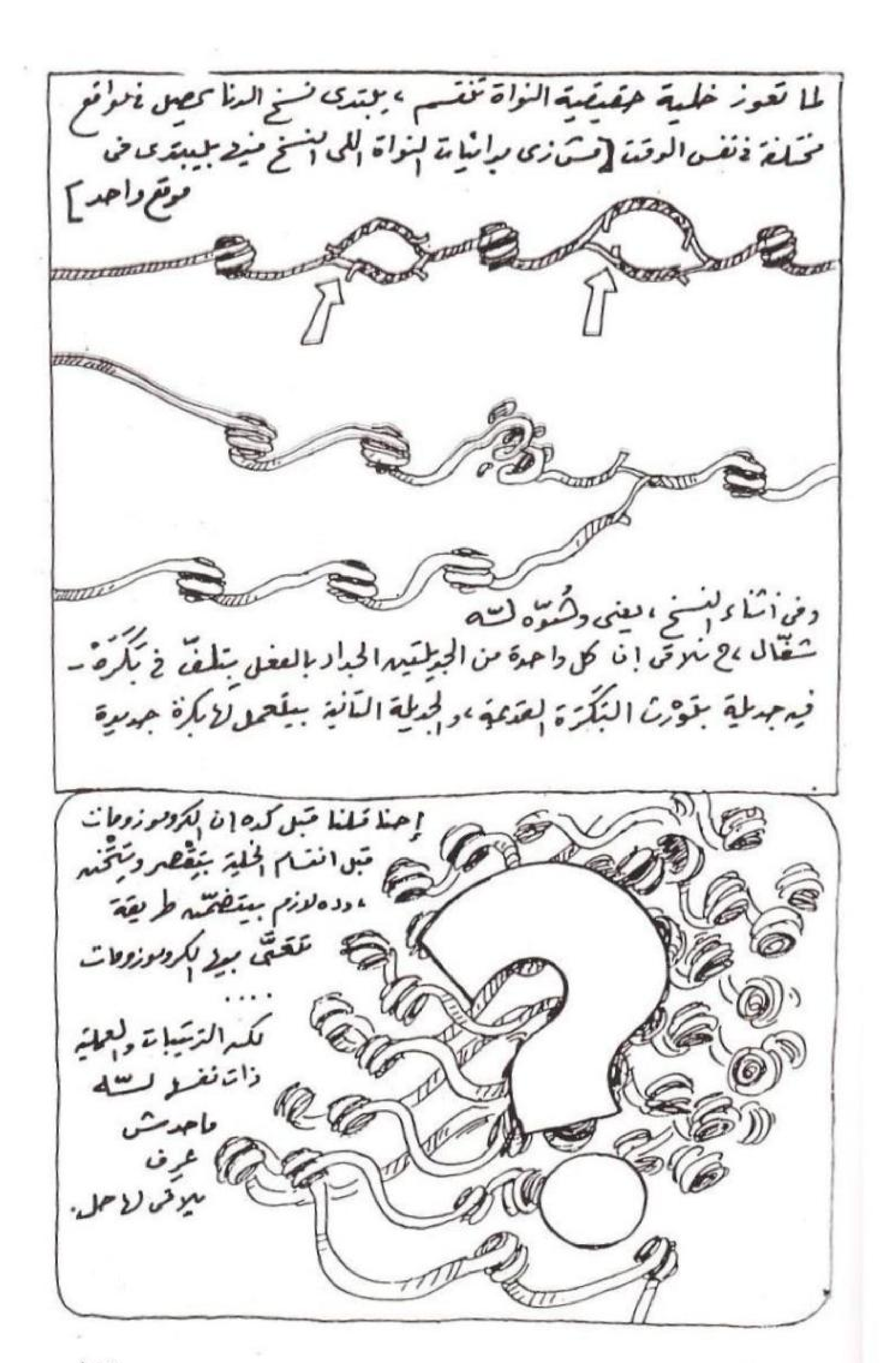
إيه؟


حاجة غريبة قوي!! في وسط الجين الطيب الجميل، ساعات نلاقي تتابعات كتيرة مالهاش معنى، اسمها السقط، واغش يعني - كل تتابع من دول طوله يطلع مئات من النوتيدات
نهاية الجين
واغش
واغش
واغش
بيعملوا إيه دول هنا؟ ماحدش عارف!
الجين بيبتدي هنا
لسبب مانعرفوش يظهر إن حضيضيات النواة شافت إن الأحسن لا إزاح تسيب الواغش ده في الكروموزوم، وتشيله بس من الرنا بعد ما يتنسخ.
الواضح إن الأنشوطات دي بتتعمل باقتران القواعد المكملة الموجودة على الطرفين بتوع الواغش
G C
A U
C G
لاحظ إن قص الواغش لازم يكون مظبوط تمام في كل مرة، لأن الزحزحة ولو حتى قاعدة واحدة ح يبوظ كل حاجة يعني يبوظ البروتين اللي ح يطلع.
حاجة غريبة بصحيح...


لحد هنا كل الشغل
ده بيتعمل جوّه النواة
إنما دلوقتى الرسال اتهيأ
ولبس طاقيته،
واتحط له ديل،
واتقصقص منه
الزواغش، وبقى
مستعد للخروج
بعد ما يخرج الغشاء النووى، تبتدى الريبوسومات
"تقرا" البروتين، بالضبط زى ما بيحصل فى
بدائيات النواة
وأخيرا يروح البروتين
يشوف شغله، ويتكسر
الرنا المرسال فتافيت
وترجع أجزاءه تانى
للنواة علشان
"إعادة التدوير"
ومعاها كمان الإنزيمات
بعدما أدت مهمتها.
AUG
CGUAUGCA



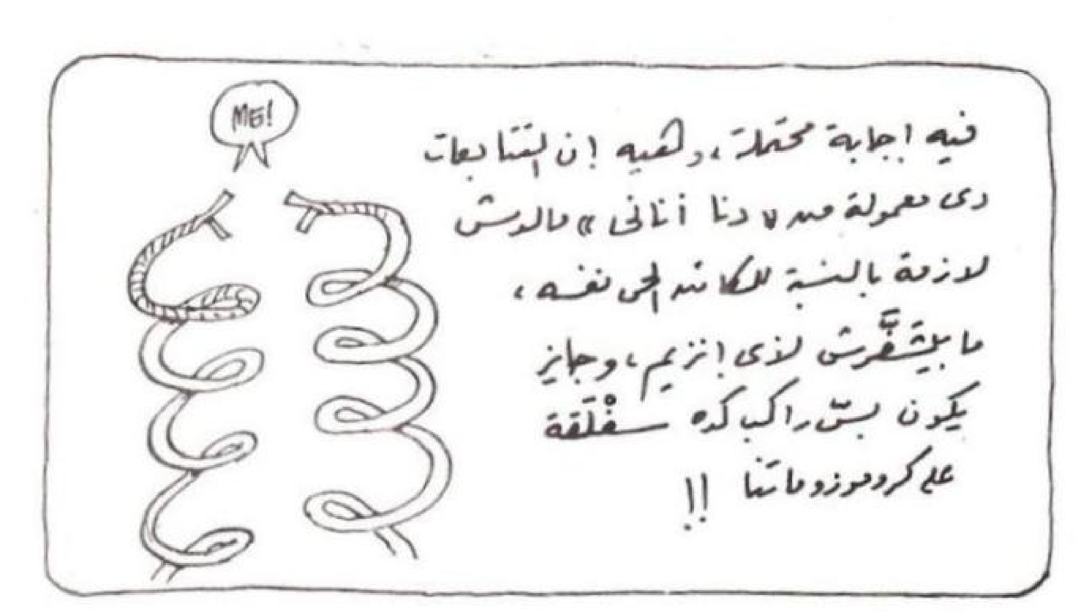
فيه فرق تاني
بين حقيقيات النواة والبكتيرة، اللي هو عدد الجينات: البني آدم فيه ٢٠٠,٠٠٠ جين*، إ. كولاي فيها ٤٠٠٠ بس
* دلوقتي بيقولوا ٨٠,٠٠٠ - ١٠٠,٠٠٠ بس)
يا نور ابيضي!.. ٢٠٠ ألف جين، كل جين ١٠٠٠ نوتيدة دول يطلعوا.. ٢٠٠ مليون! يا خبر!
ها ها، فيه إخوات ليه كتير عايشين في بطنك!
وعشان تقدر حقيقيات النواه تخزن كل ده، ح نلاقيها تلف دناها حواليه «بكر» معمول من بروتينات مختلفة مربوطة سوا
كل بكرة فيها حز حلزوني عشان الدنا يتلف فيه لفتين.
حاجة غريبة... جدا!



لما تعوز خلية حقيقية النواة تنقسم، بيبتدى نسخ الدنا يحصل فى مواقع
مختلفة فى نفس الوقت [مش زى بدائيات النواة اللى النسخ فيها بيبتدى فى
موقع واحد]
وفى أثناء النسخ، يعنى وهوّه لسّه
شغّال، ح نلاحظ إن كل واحدة من الجديلتين الجداد بالفعل بتلف فى بَكَرَة -
فيه جديلة بتورث البكرة القديمة، والجديلة التانية بيتعمل لها بكرة جديدة
إحنا قلنا قبل كده إن الكروموزومات
قبل انقسام الخلية بتقصر وتتخن
، وده لازم بيتضمّن طريقة
تتغطّى بيها الكروموزومات
....
لكن الترتيبات والعملية
ذات نفسها لسّه
ماحدّش
عرف
يوصل لها حل.



وفيه حاجة تالتة بتميز جينات حقيقيات النواة: ح نلاقى الجينات دى شايلة كتير من الدنا المتكرر...
والدنا المتكرر ده عبارة عن تتابعات من النوتيدات بتكرر نفسها مرات ومرات..
يعنى احنا يابنى آدمين مثلاً مثلاً فيه عندنا تتابع طوله حوالى ٣٠٠ جوز من القواعد متكرر تقريبا مليون مرة! وده بيشكل جزء كبير من دنا بتاعنا.
ياترى ح تكون لازمته إيه؟؟!
وفيه حاجة تالتة بتميز جينات حقيقيات النواة: ح نلاقى الجينات دى شايلة كتير من الدنا المتكرر
وده عبارة عن تتابعات من النوتيدات بتكرر نفسها مرات ومرات
يعنى احنا يابنى آدمين مثلا مثلا فيه عندنا تتابع طوله حوالى ٣٠٠ جوز من القواعد متكرر تقريبا مليون مرة!
وده بيشكل جزء كبير من دنا بتاعنا
ياترى ح تكون لازمته إيه؟
جايز موجود بس علشان التأكيد!


MG!
فيه إجابة محتملة، ولكنه إن المتتابعات دي معمولة من « دنا أنانى » مالوش لازمة بالنسبة للكائن الحى نفسه، مابيتقريش لذى إنزيم، وجايز يكون بس راكب كده شعلقة على كروموزوماتنا !!


خلاص خلاص ياستى! فهمت خلاص!
ودنا المكرر ده عبارة عن تتابعات من نيوكليوتيدات بتكرر نفسها مرات ومرات
وفيه حاجة تالتة بتميز جينات حقيقيات النواة: ح تلاقى الجينات دى شايلة كتير من الدنا المكرر
يا ترى ركاب الشعلقة دول جايين منين؟
رايح المنصورة؟


فيه احتمال إنك تكون جاية
من
القَيْرُوسَاتْ
والقَيروسات دى هى أبسط الكائنات الحية المعروفة - ده إذا كانت حية من أصله! أصلها زى ما تقول كده : بين البينين، حية ومش حية...
بيفكروني بحبوس الأحياء زمان
القَيروس أبسط وأصغر من البكتيره، وبيتكوّن بس من جزئين: شوية حامض نووى ملفوفين فى غلاف بروتينى
منظر من الداخل
والحامض النووى [اللى جايز يكون دنا وجايز يكون رنا] بيتغلف بالغلاف البروتينى ولشوية انزيمات قليلة على قد ما هم مطلوبة للنسخ.



ولما الفيروس يحقن دناه أو رناه في الخلية اللي اصطادها ، بيبتدي يتكاثر بفظاعة ، لحد ما الخلية في الآخر تنفجر بغبيطه !



وده أسلوب الحياة - أو اللاحياة - النمطي بتاع الفيروس. لكن فيه بعض
فيروسات أكتر عناتة بتحشروا جيناتهم من دنا الخلية اللي بيصيبوها.




جايز إن بعض الدنا المتكرر ودا غش الدنا الموجود في كروموزوماتنا جاي من المصدر ده: ڤيروسات من زمان اتمكنت مادتها الوراثية جوّا دنا أسلافنا.
عناصر مخربه لذاتها!
إذا كانت الحكاية كده، يبقى عملية «تحرير» الرنا ـ م اتعملت كدفاع ضد التتابعات الدخيلة اللي اتحشرت جوّا الجينات.
فيه طريقة تانية تقدر الخلية تتعامل بيها مع الدنا الطفيلي: تقدر ببساطه تسكّت الجينات دي خالص وتقفلها ـ ودي الطريقة اللي بتتعامل بيها مع التتابعات المتكررة: الحقيقة موجوده صحيح لكن احنا بنطنّش!
بيسموها: «التحمل بالكبت»
والمعركة ضد الڤيروسات معركة ماتخلصشي أبداً ....

الطفرات والسيادة

(تانى!)

بعد ما عرفنا الجينات دى بتبقى ايه، نقدر بقى نفهم بشكل أحسن معنى الطفرة والسيادة.

الطفرة فى الجين دى مجرد تغيير فى تتابع النوتيدات فى الدنا - خطأ فى موقع واحد، بس جايز يكون له أثر رهيب

قدامك طفره صغيرة خالص، إنما رهيبة الأثر فى جينه بيشفر للهيموجلوبين - دى البروتين اللى بيشيل الأكسجين فى الدم

A
C
C C A
G
A
G
G

A
C
C T A
G
A
G
G

چين طبيعى

چين طافر

طبعا السبب لكده إن التغيير بينعكس في البروتين اللي الجين بيشفّر له...
أول كل حاجة إن الرنا المرسال بيخرج غلط، وبعدين البروتين...

غلط

A A C U A G → "توقف"

صح

A A C C A G → GLN

والطفرة الفظيعة دي اللي بتقطع البروتين في النص بتسبب مرض خطير اسمه الثالاسيميا (أنيميا البحر المتوسط)، يعني عدم القدرة على صناعة الهيموجلوبين، والمريض بيعاني من نقص مؤلم في الأكسجين

وساعات التغيير لا يسبب أي حاجة بتاتاً. إذا رجعت تاني لجدول الشفرات (صفحة ١٣٥) ح تلاقي إن فيه أحماض أمينية بيشفّرلها شوية كودونات مختلفة

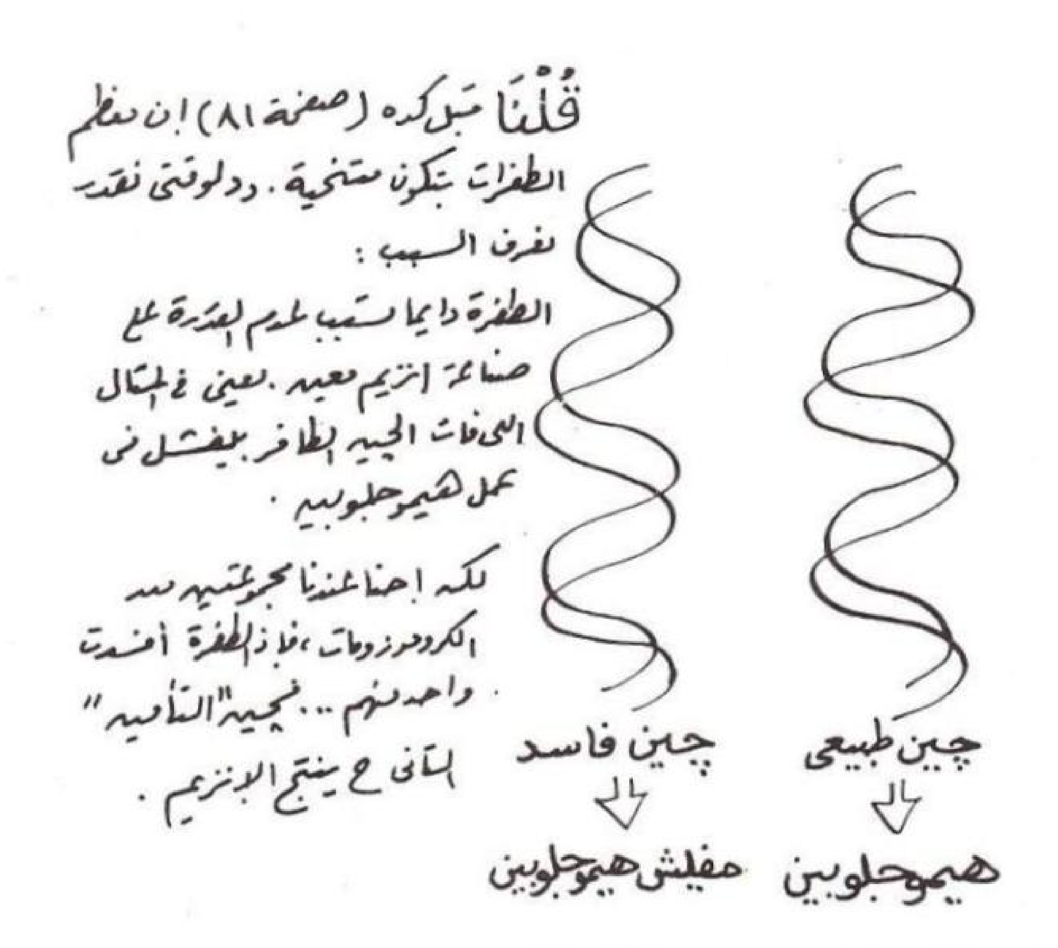
C A G → GLN

C A A → GLN




وساعات الحامض الأميني الغلط ينفع برضه (وإن كان دايماً مش زي الحامض الصح).
غريبة! بيتهيألي
وفيه ساعات يكون البروتين اللي طالع بعد الطفرة أحسن من القديم - إنما ده نادر قوي...


لكن في معظم الحالات الطفرة بتبوّظ البروتين.
طبعاً الأسهل إنك تبوّظ الحاجة ما تصلّحهاش... إذا كنت بتشك في كلامي حاول كده تعمل شوية تغييرات عشوائية في أدوات البيت!!
بُم بُم
وداع الكمبيوتر يا ولدي!!


قُلْنَا قبل كده (صفحة ٨١) إن معظم
الطفرات بتكون متنحية. ودلوقتي نقدر
نعرف السبب:
الطفرة دايما بتسبب عدم القدرة على
صناعة إنزيم معين. يعني في المثال
اللي فات الجين الطافر بيفشل في
عمل هيموجلوبين.
لكن إحنا عندنا مجموعتين من
الكروموزومات، فلو الطفرة أفسدت
واحدة منهم... فجين "التأمين"
التاني ح ينتج الإنزيم.
جين طبيعي
هيموجلوبين
جين فاسد
مفيش هيموجلوبين


والثالاسيميا بقى مش ح تصيب إلا
الشخص السيء الحظ اللي يشيل
نسختين من الجين الطافر.
لما يفشل تأمينك الوراثي - ابقى دوّر على التأمين الصحي!

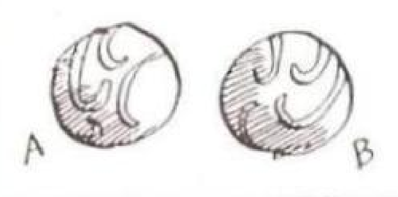
إحنا ماقلناش الحكاية دي قبل كده :
إنما فيه أليلات بتكون

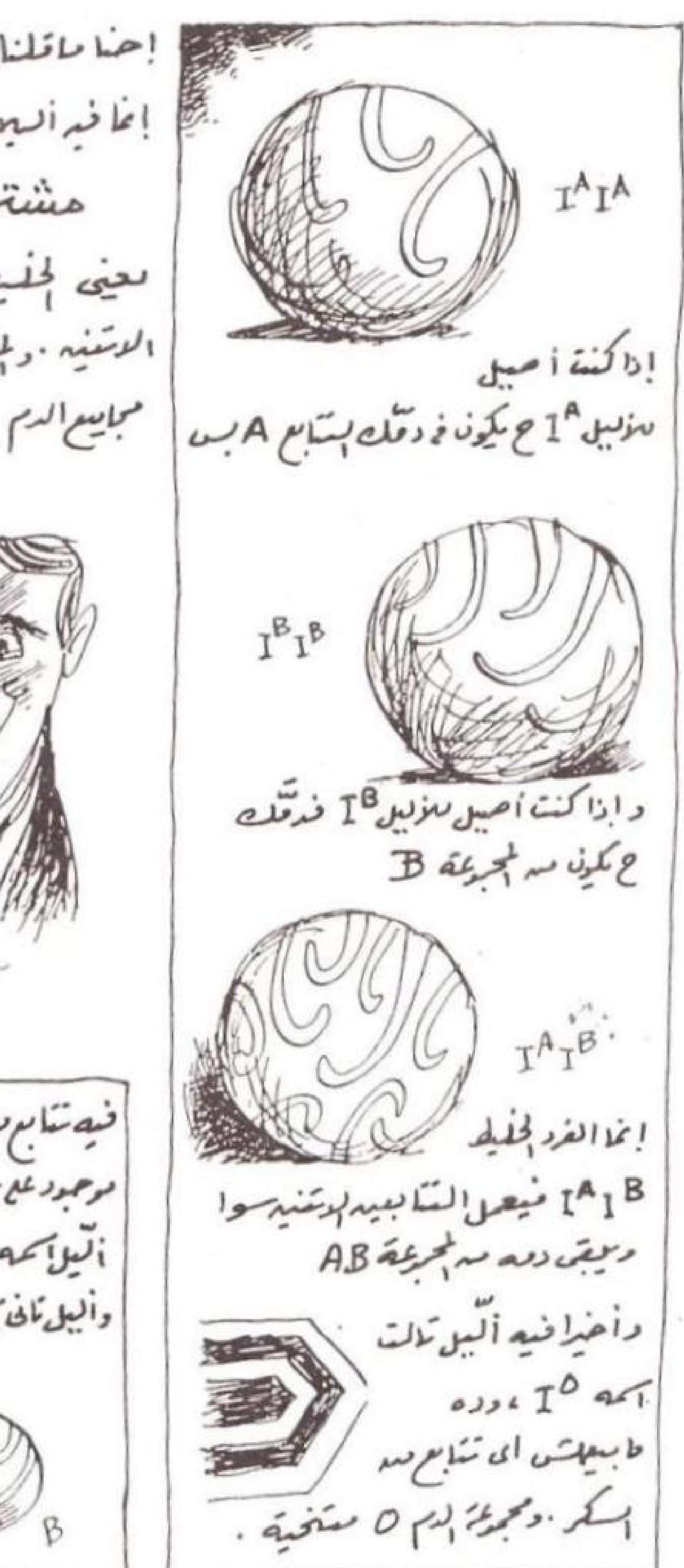
مشتركة السيادة

يعني الخليط بتبان فيه المظهرين
الاتنين . والمثال ده حلوه بتاع
مجاميع الدم



فيه تتابع من السكرات بيتحدد وراثيا
موجود على سطح كرات الدم الحمرة . وفيه
أليل اسمه I^A بيعمل التتابع A ،
وأليل تاني اسمه I^B بيعمل التتابع B

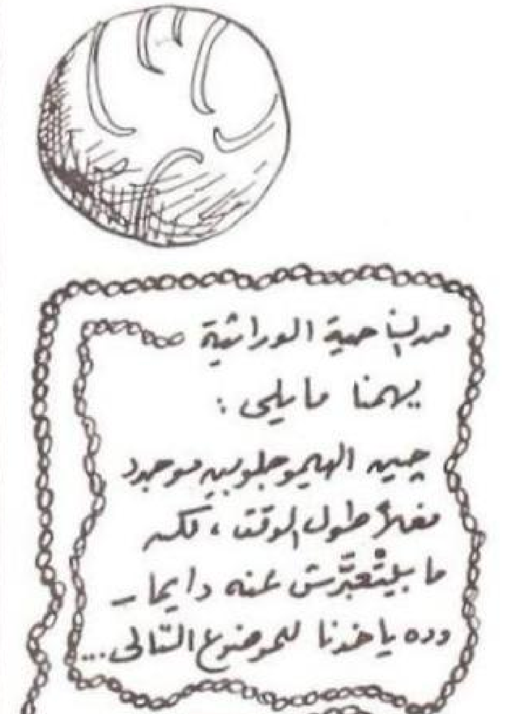




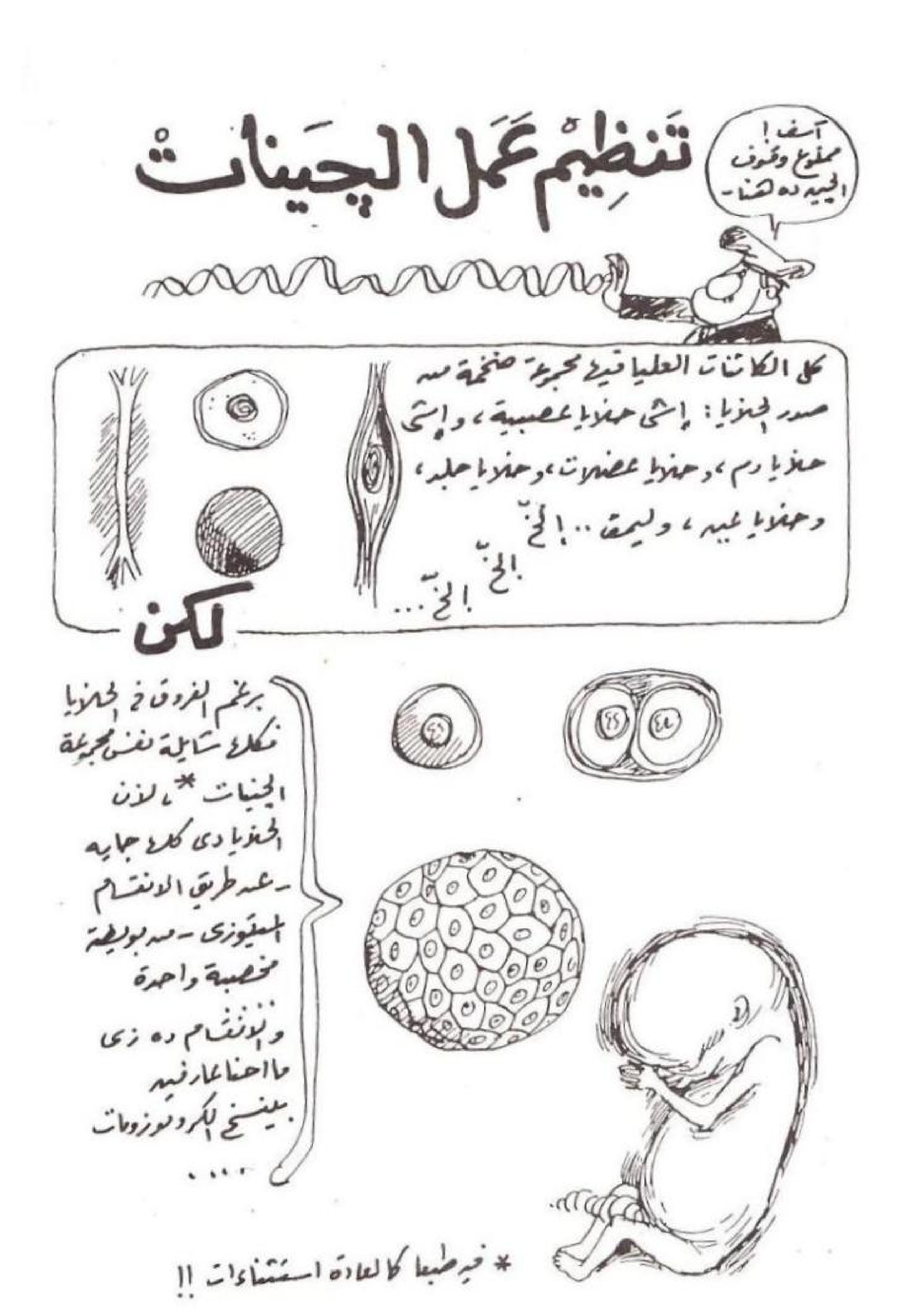
كرة الدم الحمرة بتبتدى حياتها خلية فى نخاع العظم - خلية مؤدبة خالص من الخلايا حقيقية النواة، إنما معنديش فيها هيموجلوبين



كورة دم حمره ناضجة






تنظيم عمل الجينات
آسف! ممنوع وقوف الجين ده هنا -
كل الكائنات العليا فيها مجموعة ضخمة من صنوف الخلايا: إشى خلايا عصبية، وإشى خلايا دم، وخلايا عضلات، وخلايا جلد، وخلايا عين، وليمفا.. إلخ إلخ إلخ...
لكن
برغم الفروق في الخلايا فكلها شايلة نفس مجموعة الجينات*، لأن الخلايا دي كلها جاية - عن طريق الانقسام الميتوزي - من بويضة مخصبة واحدة
والانقسام ده زي ما احنا عارفين بينسخ الكروموزومات .....
* فيه طبعا كالعادة استثناءات !!



ده حتى البكتيريا الغلبانة بتحتاج تنظم جيناتها. لما بيتوفر الغذاء بتحتاج تعمل إنزيمات تهضمه بيها. وإذا احتاجت لحامض أميني لازم تصنع منه أكتر

إلخ إلخ إلخ...

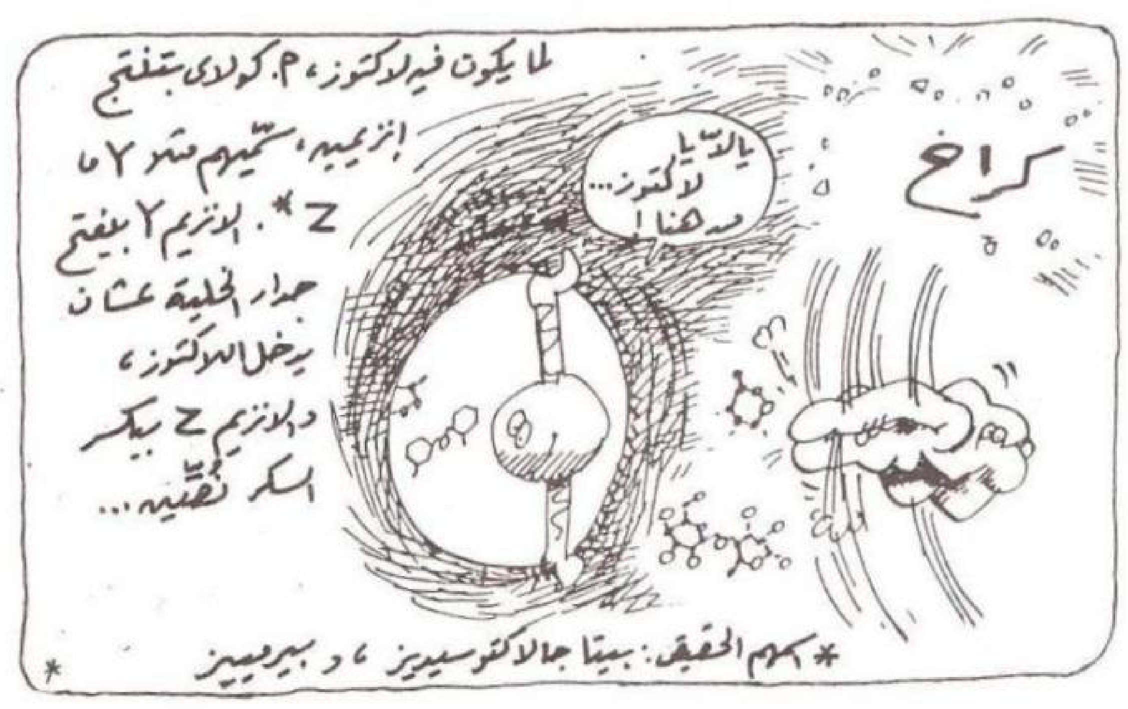
وكالعادة ح تلاقي الموضوع ده درسوه العلماء بتوسع في م. كولاي

كان أول ناس اتوصلوا إلى صيغة من صيغ تنظيم الجينات عالمية من فرنسا هما: جاك مونو، وفرانسوا جاكوب. ودة حصل في أوائل الخمسينات من القرن دة. فحصوا قدرة إ. كولاي على هضم سكر اللاكتوز

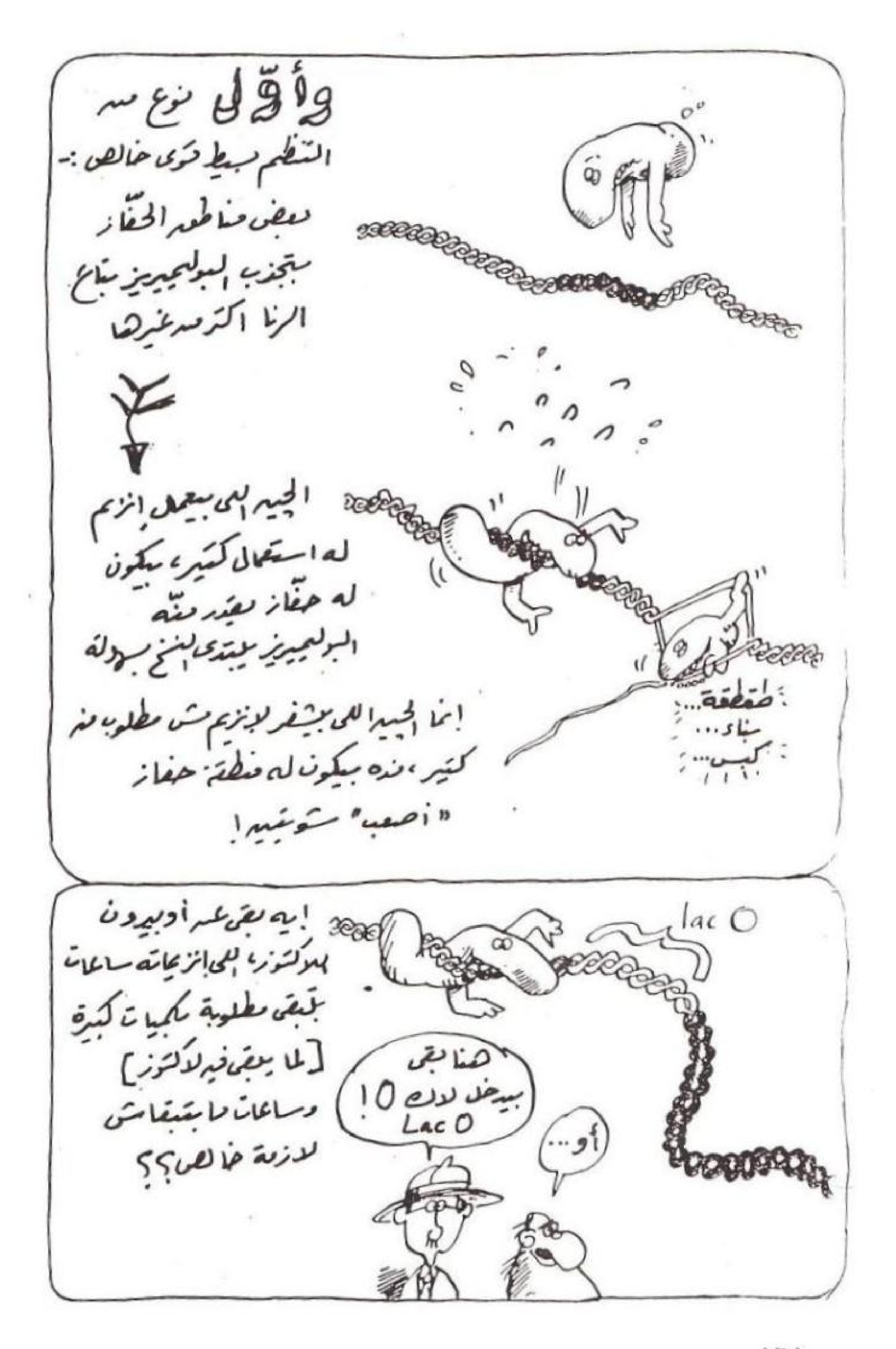
مونو

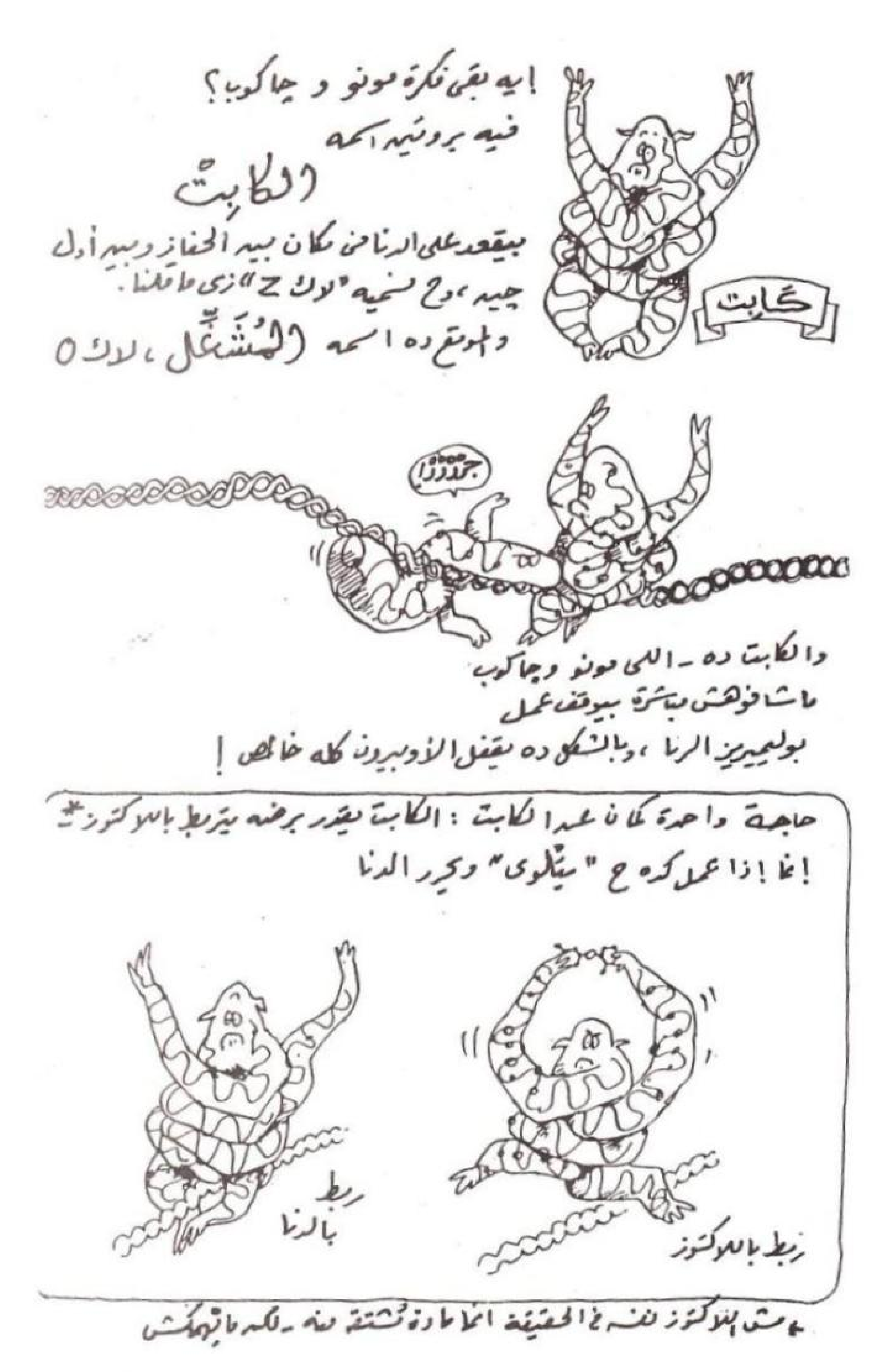
جاكوب

لاكتوز




ح نحط لك هنا شوية من أهم نتايج مونو وجاكوب من غير ما ندخل في تفاصيل تجاربهم المعقدة :
التجربة دي كانت أعقد حتى من تجارب عمل الجبنة الشوفليه !!
أول حاجة : لقيوا إن الجينين Y و Z (واسمهم "لاك Y lac" و "لاك Z lac") موجودين جنب بعض على الكروموزوم . وتجمّع الجينات اللي زي ده واللي بتشفّر لانزيمات لها علاقة ببعض، وبيتم تنظيمها مع بعض بنسميه
أوبِيرون
وده اسمه بقى « أوبيرون لاك »
lac Y
lac Z
lac P
lac O
استنّى استنّى.. حالا ح نفسّر لك الحته دي!
في بداية الأوبيرون ده (وأي أوبيرون) منطقة حفّاز، بنسميها "لاك P" ده الموقع اللي بيترتبط فيه انزيم بوليميريز الرنا الدنا، علشان يبدأ في نسخ الرسالة على الرنا المرسال
(إرجع لو سمحت لصفحة ١٣٣)
ممممم!


وأوّل نوع من
التنظيم بسيط قوي خالص :-
بعض مناطق الحفّاز
ستجذب البوليميريز بتاع
الرنا أكتر من غيرها
الجين اللي بيعمل إنزيم
له استعمال كتير، بيكون
له حفّاز بيقدر منّه
البوليميريز يبتدي النسخ بسهولة
إنما الجين اللي بيشفر لإنزيم مش مطلوب منه
كتير، فده بيكون له منطقة حفاز
"أصعب" شوية!
طقطقة...
سناك...
كيس...
lac O
إيه بقى عن أوبيرون
اللاكتوز، اللي انزيماته ساعات
بتبقى مطلوبة بكميات كبيرة
[لما يبقى فيه لاكتوز]
وساعات ما بتبقاش
لازمة خالص؟؟
هنا بقى
بيدخل لدلك O!
Lac O
أو...



إيه بقى فكرة مونو و جاكوب؟
فيه بروتين اسمه
الكابت
بيقعد على الدنا في مكان بين الحفاز وبين أول
جين، وح نسميه "لوك Z" زي ما قلنا.
والموقع ده اسمه المُشَغِّل، لوك O
كابت
والكابت ده - اللي مونو وجاكوب
ماشافوهش مباشرة بيوقف عمل
بوليميريز الرنا، وبالشكل ده يقفل الأوبيرون كله خالص!
حاجة واحدة كمان عن الكابت: الكابت يقدر برضه يترابط باللاكتوز*
إنما إذا عمل كده ح "يتلوى" ويحرر الدنا!
ربط بالدنا
ربط باللاكتوز
* مش اللاكتوز نفسه في الحقيقة إنما مادة مشتقة منه - لكن مايهمكش


١ - في الحالة الطبيعية: الكابت بيقعد على نفس المشغل، ويكبت الجين


٢- وبعدين تظهر حتة لاكتوز تجذب الكابت


٣ - فتتلوى، وتمسك السكر، ويروح بوليميرز الرنا مِتْزفلط جوّه


٤- وبالشكل ده يعبّر الأوبيرون عن نفسه مرّة ورا مرّة


٥ - والبروتينات المعمولة جديد بتجيب لاكتوز تاني وتهضمه


٦- وبعدما ينتهي كل اللاكتوز، يتعدل الكابت ويرجع لموقعه ع الكروموزوم


واتضح إن الكابتات دى طريقة شايعة لتنظيم الإنزيمات اللى بتظهر استجابةً لمادة كيماوية معينة - مادة يعنى زى اللاكتوز
الكابتات دى مزفلطة، وتهرب منك ولا صلصة البيرنيز
لكن بالرغم من الفكرة الظريفة دى، مونو وجاكوب ماقدروش أبداً يلاقوا الكابت -
وفضل الكابت ده مجرد احتمال نظرى...

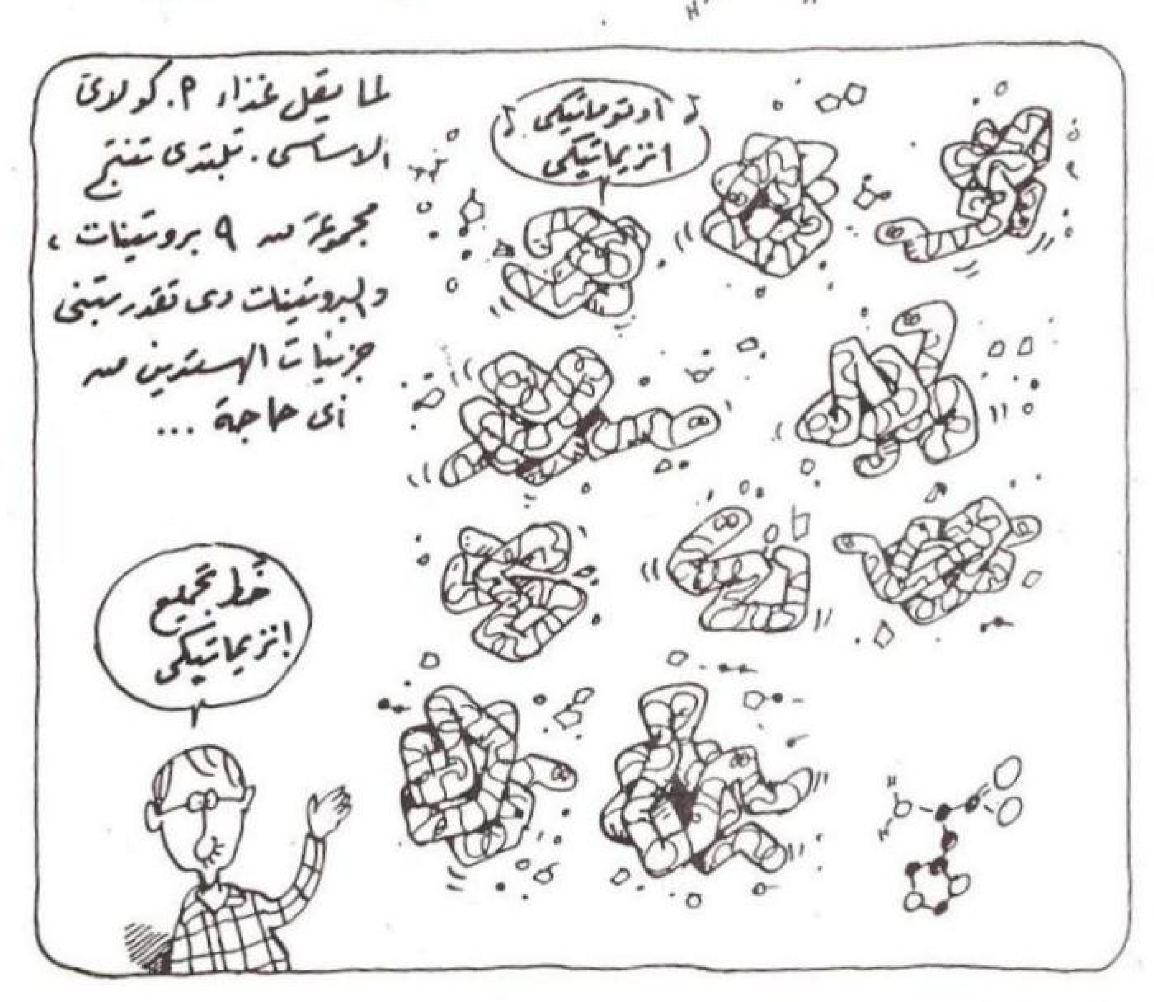

لحد سنة ١٩٧٦ لما والتر جيلبرت و ب مولر-هيل قدروا يعزلوا البروتين الرادع باستخدام تقنيات متطورة جداً...
نتايجهم بيّنت بوضوح السبب فى صعوبة العثور على الكابت:
البكتيريا الواحدة من إ. كولاى مافيهاش إلا ٥-١٠ جزيئات من كابت اللاك.
وجيلبرت فى الحقيقة اتمكن بعدين من تربية طفرة من إ. كولاى بتنتج الجزيئات دى بكمية أكبر بكتير....

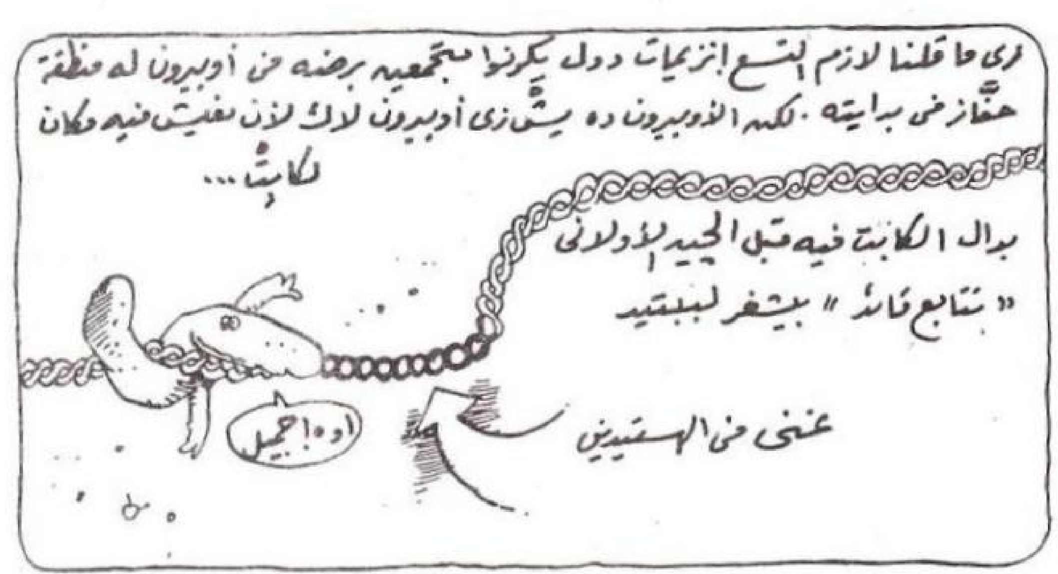
فيه طريقة تانية فى تنظيم الجينات اسمها

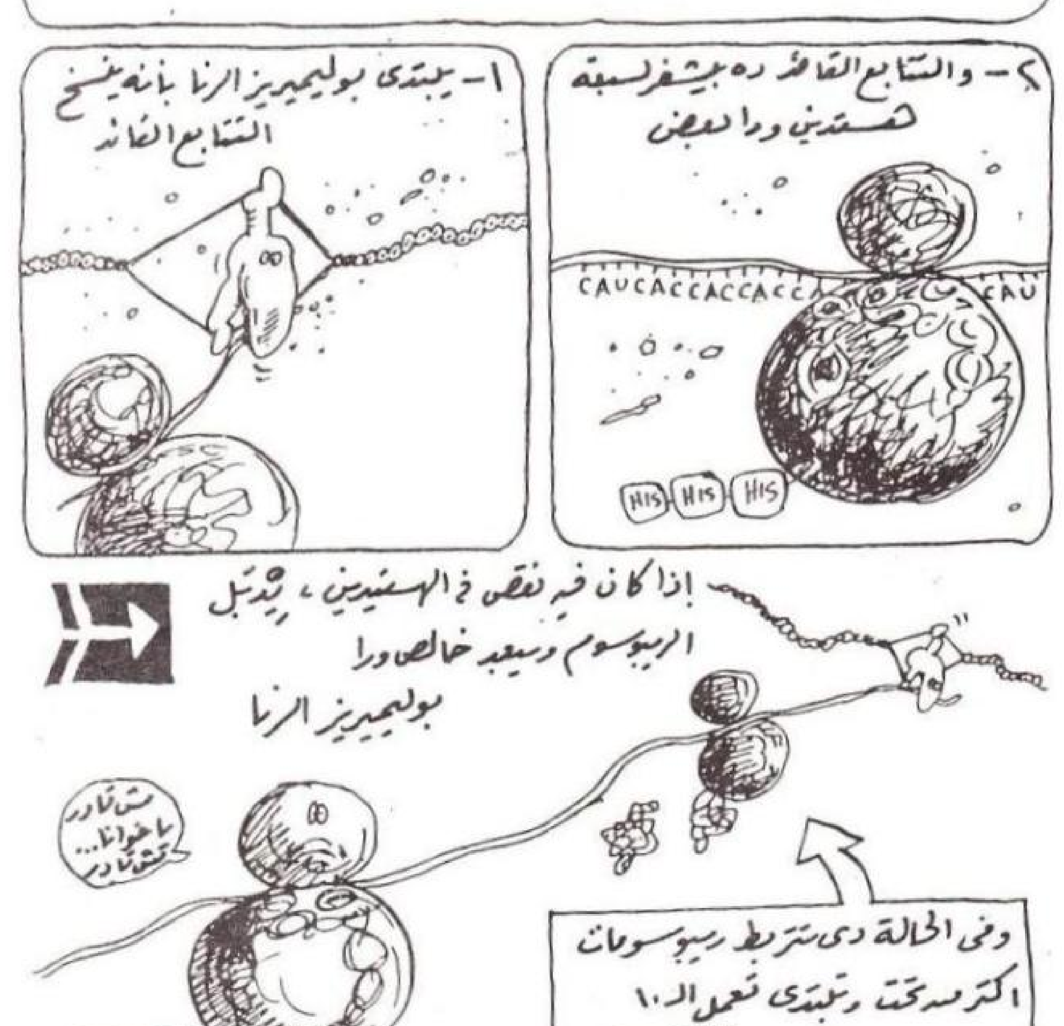
التَّروِيضْ

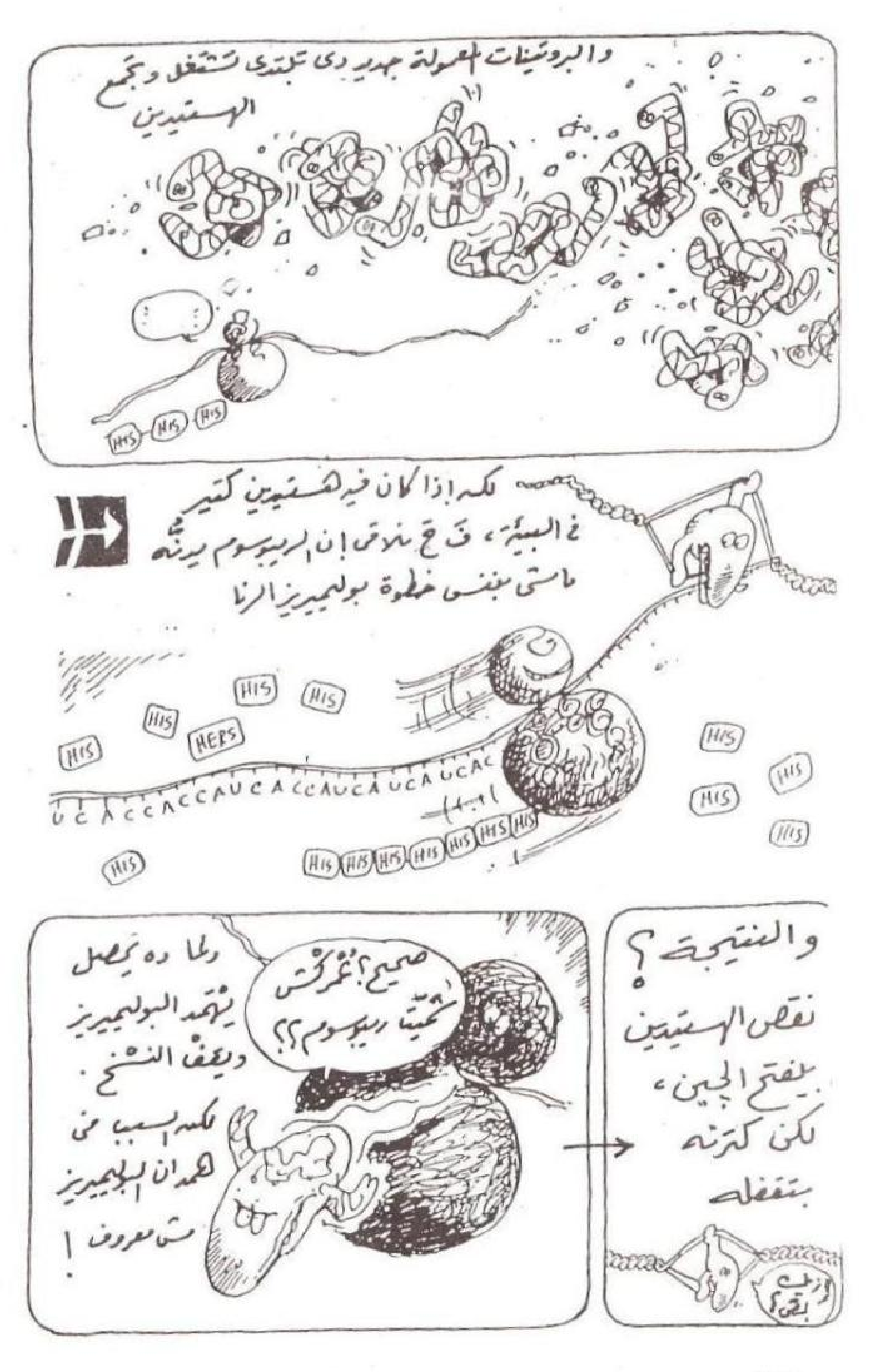
ودة اللى بيتحكم فى أوبيرون موجود فى بكتريا إ. كولاى مسئول عن تركيب الحامض الأمينى

هستدين

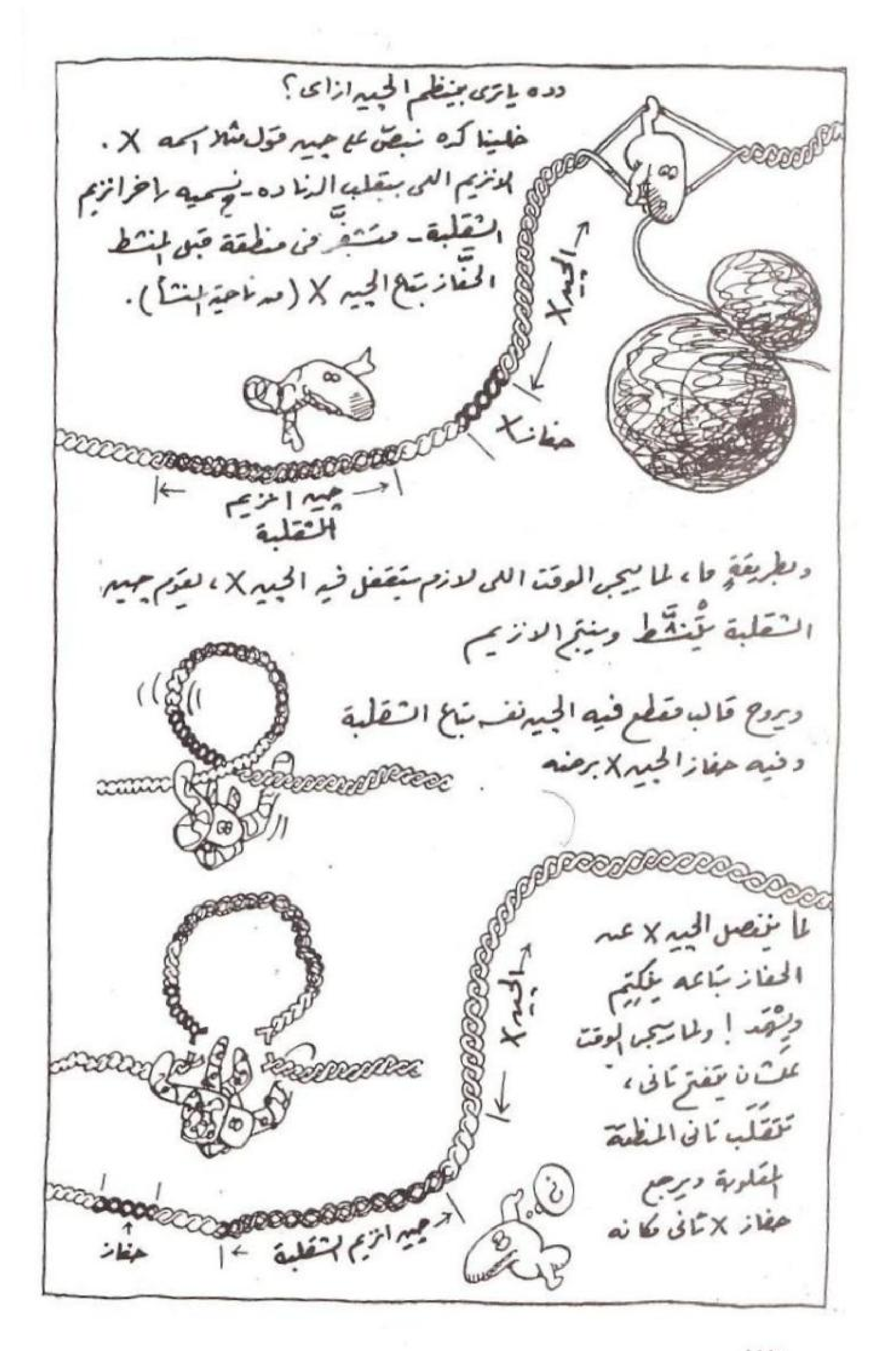



زي ما قلنا لازم لتسع انزيمات دول يكونوا متجمعين بعضه من أوبيرون له منطقة
حفاز في بدايته. لكن الأوبيرون ده مش زي أوبيرون لاك لأن مفيش فيه مكان
لكابش...
بدال الكابش فيه قبل الجين الأولاني
"تتابع قائد" بيشفر لببتيد
أوه! جميل
غني في الهستيدين

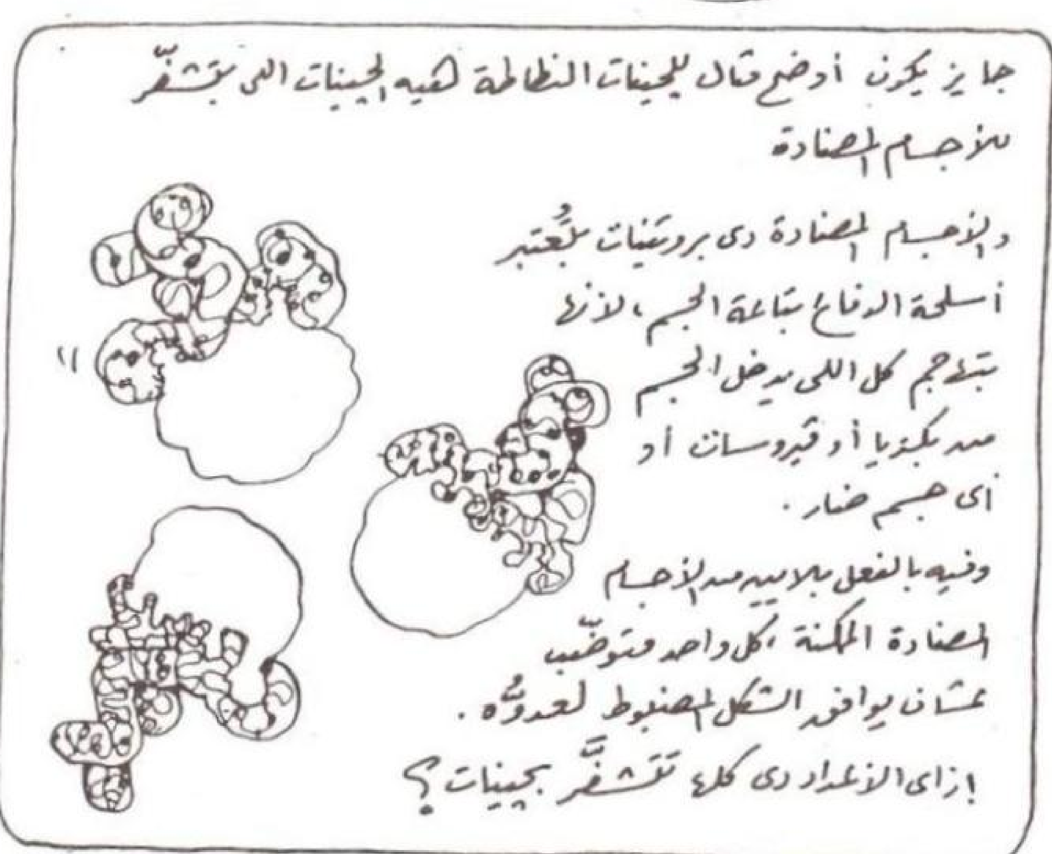

١- يبتدي بوليميريز الرنا بأنه ينسخ
التتابع القائد
٢- والتتابع القائد ده بيشفر لسبعة
هستدين ورا بعض
CAUCACCACCACC
CAU
HIS
HIS
HIS
إذا كان فيه نقص في الهستيدين، يتبدل
الريبوسوم ويبعد خالص ورا
بوليميريز الرنا
مش قادر
يا خوانا...
مش قادر
HIS
HIS
HIS
وفي الحالة دي تترابط ريبوسومات
أكتر مع بعض وتبتدي تعمل الـ ١٠
إنزيمات


والبروتينات المعمولة جديد دي تبتدي تشتغل وتجمع الهستيدين
HIS HIS HIS
لكن إذا كان فيه هستيدين كتير في البيئة، فح نلاحظ إن الريبوسوم بيدئه ماشي بنفس خطوة بوليميريز الرنا
HIS HIS HIS HERS HIS
UCACCACCAUCACCAUCAUCAUCAC
HIS HIS HIS HIS HIS HIS HIS HIS
HIS HIS HIS HIS HIS
ولما ده يحصل يتجمد البوليميريز ويقف النسخ. لكن السبب في انجماد البوليميريز مش معروف!
صحيح؟ غمزتش تحتيا ريبوسوم؟؟
والنتيجة؟ نقص الهستيدين بيفتح الجين، لكن كترته بتقفله


الصورة اللى رسمها مندل عن الجين
واللى كمّلت بعده
بتقول إن الجين حاجة ثابتة
ماسبتغيرش، باستثناء طفرات
بتحصل ساعات بالصدفة
جين
هُبْ!
لكن الاكتشافات الجديدة بتقول إن الجين مَرِن
وبيتحرك - والحقيقة إن فيه طريقة لهمة فى تنظيم
الجينات بتعتمد على حاجة نقدر نسميها:
الجينات النطّاطة
الآلية فعلاً لسّه مش
واضحة، لكن باين إن
فيه إنزيم (أو أكتر)
تقدر تخلّى مقطع معيّن
من الدنا
«يتشقلب»
تتابع مقلوب


دده ياترى بينظم الجين ازاى؟
خلينا كده نبص على جين قول مثلا اسمه X .
الانزيم اللى بيقلب الزنا ده - نسميه انزيم التقلبة - بيتشفر فى منطقة قبل المنشط الحفاز بتاع الجين X (من ناحية البدء) .
الجين X
حفاز X
جين انزيم التقلبة
وبطريقة ما ، لما ييجى الوقت اللى لازم يتقفل فيه الجين X ، يقوم جين التقلبة يتنشط وينتج الانزيم
ويروح قالب مقطع فيه الجين نفسه بتاع التقلبة وفيه حفاز الجين X برضه
لما ينفصل الجين X عن الحفاز بتاعه يتكتم ويتهد ! ولما ييجى الوقت علشان يتفتح تانى ، تتقلب تانى المنطقة المقلوبة ويرجع حفاز X تانى مكانه
الجين X
حفاز
جين انزيم التقلبة

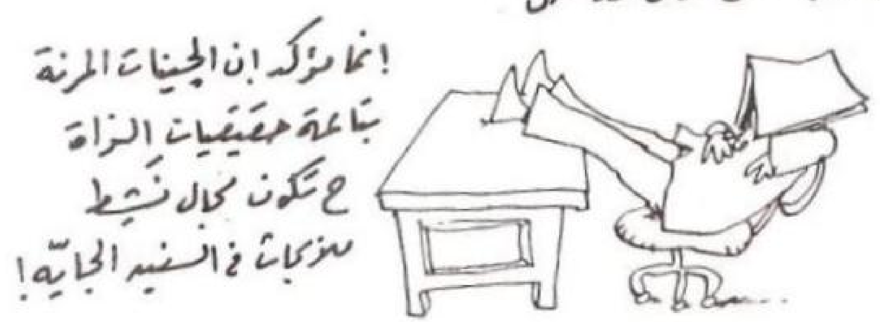

والمنطقة اللى ممكنه تتحرك بنسميها
ترانسبوزون
ودى منها كتير فى حقيقيات
النواة وبدائيات النواة -
ودى مش بس بتنقلب ،
دى ممكنه تنط من مكان
لمكان ، ومن كروموزوم
لكروموزوم . ولسه
الوظيفة بالضبط بتاعة
الترانسبوزونات لحد دلوقتى
سر مغلق .
? ? ? ? ? ?


جايز يكون أوضح مثال للجينات النطاطة هيه الجينات اللى بتشفّر
للأجسام المضادة
والأجسام المضادة دى بروتينات تُعتبر
أسلحة الدفاع بتاعة الجسم ، لأنها
بتهاجم كل اللى يدخل الجسم
من بكتريا أو فيروسات أو
اى جسم ضار .
وفيه بالفعل بلايين من الأجسام
المضادة الممكنة ، كل واحد متفصّل
علشان يوافق الشكل المضبوط لعدوّه .
إزاى الأعداد دى كلها تتشفّر بجينات ؟

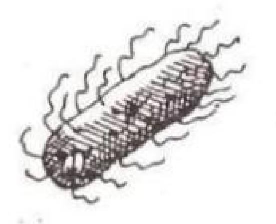
بدل ما يكون فيه بلايين الجينات عشان تشفر لجسم المضادة، ح نلاقي الكروموزومات سلسلة "عدة شغل" عبارة عن كام مية جين من الجينات الجزئية

وفي خطوة معينة
تتقطع حتت الدنا دي،
وتتنظم من جديد،
وكل توليفة بتبقى
جين يشفر لجسم
مضاد معين

إنما ازاي يبقى الجسم بينظم العملية دي؟ ده لسه سر مقفول، وزي معظم مواضيع تنظيم الجينات في حقيقيات النواة: لسه موضوع الهيموجلوبين (صفحة ١٦٣) مش لاقي له حل.



الهَنْدَسَة الوِرَاثِيَّة

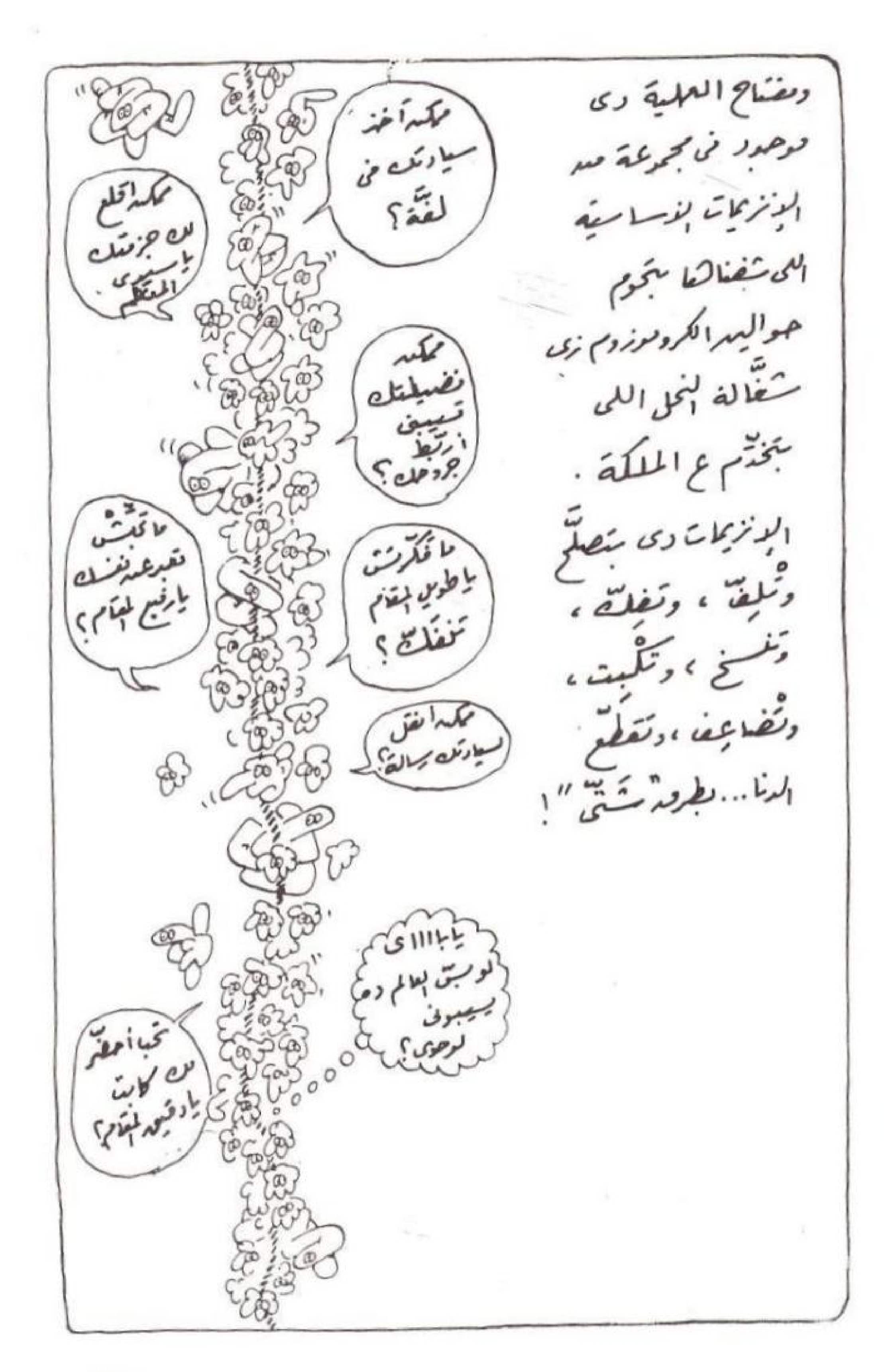






والتوليفات دي ساعات تكون مش معقولة خالص: يعني مثلاً في حالات كتير بتحشر جينات بشرية في كروموزوم بكتيرة زي P. كولاي

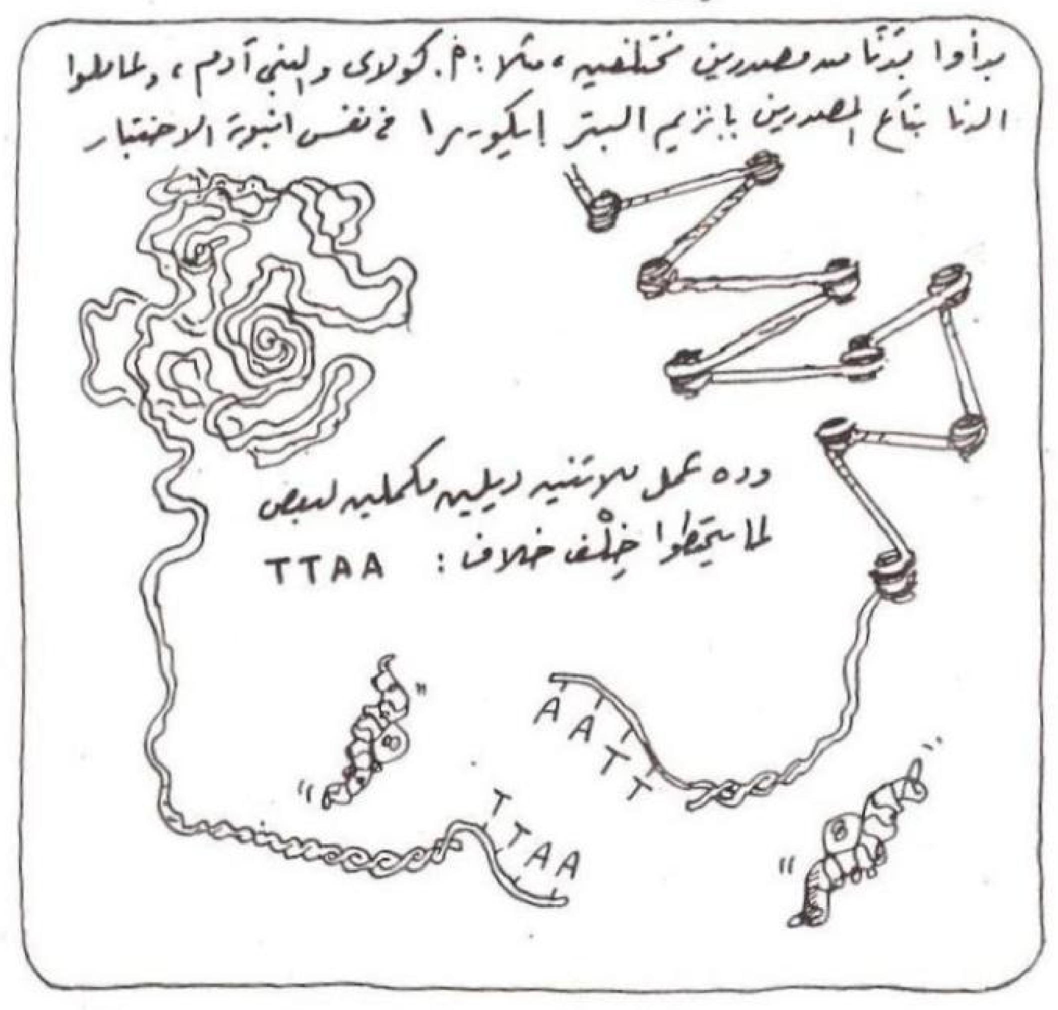


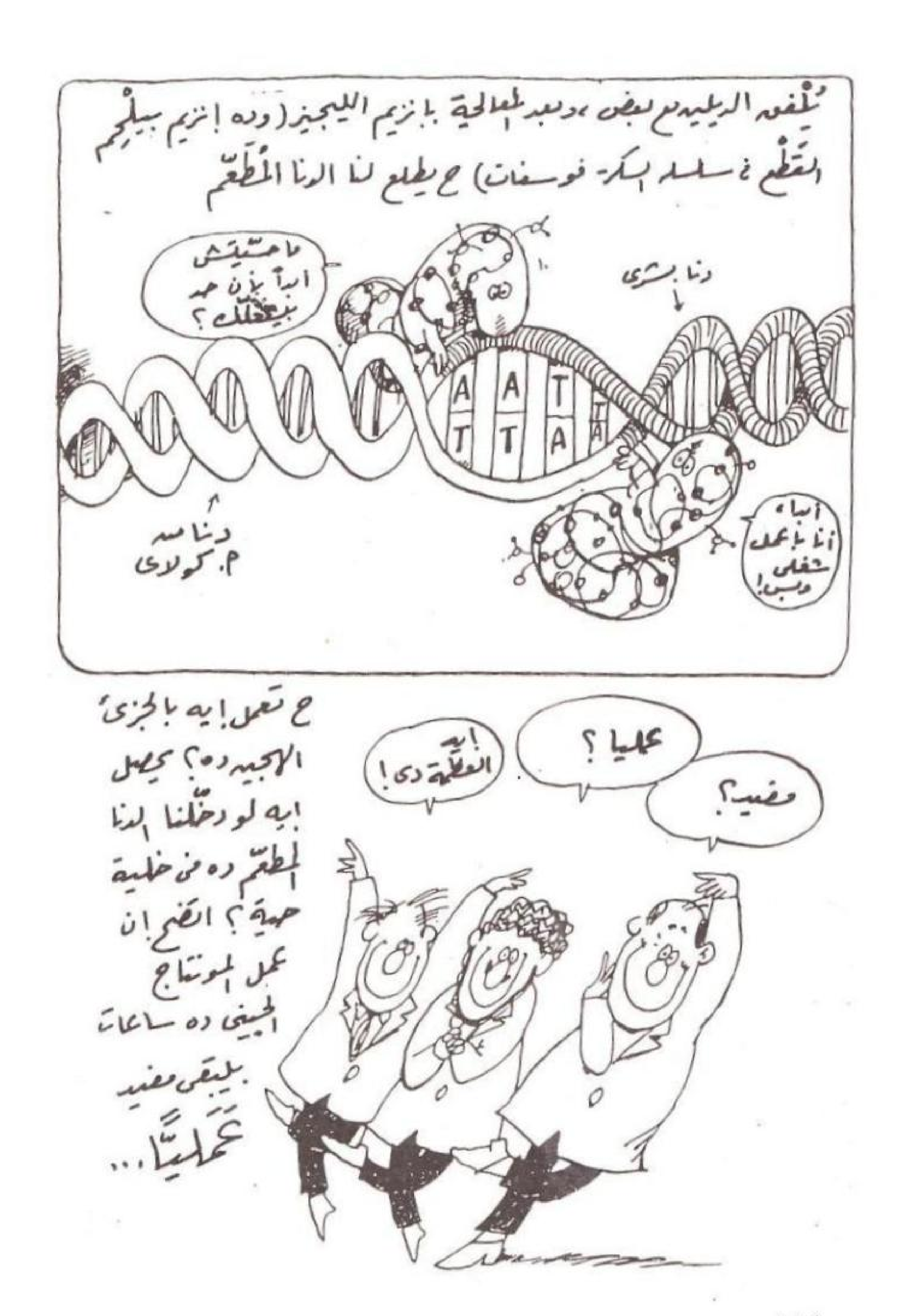

ومفتاح العملية دى
موجود فى مجموعة عدد
الإنزيمات الأساسية
اللى شغالها بتحوم
حوالين الكروموزوم زى
شغّالة النحل اللى
بتخدّم ع الملكة .
الإنزيمات دى بتصلّح
وتلِفّ ، وتفكّ ،
وتنسخ ، وتكْبِت ،
وتضاعِف ، وتقطّع
الدنا ... بطرق شتّى" !
ممكن أخد سيادتك فى لفّة؟
ممكن أقلع لك جزمتك يا سيدى المتكلم
ممكن فضيلتك تسيبنى أربّط جردلك؟
ماتكبّش تقدر على نفسك يا رفيع المقام؟
ما فكّرتش يا طويل المقام تنفكّ؟
ممكن أنقل سيادتك برسالة؟
يابااااى لو بس العالم ده يسيبونى لوحدى؟
تحب أحضّر لك كابتك يا دقيق المقام؟


والتطعيم الجيني بيعتمد على
إنزيمات بَتْر معينة بتتسمّى
إنزيمات التحديد
وانزيم التحديد بيقطع الدنا عند تتابع معينه من القواعد
مثلا انزيم إيكو-ر١ بيتعرّف على التتابع ده بس:
-G-A-A-T-T-C-
-C-T-T-A-A-G-
GAATTG

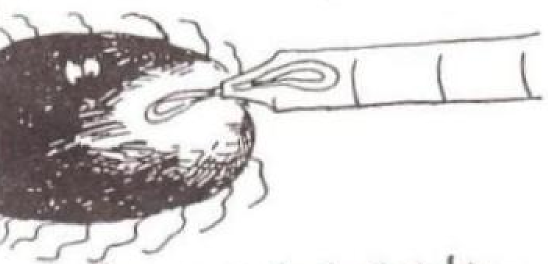

GC
إيكو-ر١ يقطع سلسلة سكر فوسفات هنا
TA
TA
AT
AT
ويقطع السلسلة التانية هنا
CG
وده يطلّع لنا حتتين دنا لهم "ديليه" متطابقة
T-T-A-A-
[لأن CTTAAG لا ترتيب الجديلة المكملة لما تتقري بالعكس]
C-G
T
T
A
A
A
A
T
T
G-C


انت حتعمل منه سيوفني أسهم للصيد؟
لأه.. باحولك إلى أسهم في شركات الهندسة الوراثية...
والبكتريا إ. كولاي بتستخدم إيكو-ر-1 في تقطيع أي "عدو" من الدنا الفيروسي، إنما البني آدم بقى بيستخدم الإنزيم ده لمصلحته.


بدأوا بدنا من مصدرين مختلفين، مثلا: إ. كولاي والبني آدم، وقطعوا الدنا بتاع المصدرين بإنزيم البتر إيكو-ر١ في نفس أنبوبة الاختبار.
ودة عمل نهايتين لزجين مكملين لبعض لما يتحطوا خلف خلاف : TTAA
AATT
TTAA


نلفعه الرليه مع بعض، وبعد المعالجة بإنزيم الليجيز (وده إنزيم بيلحم القطع في سلسلة السكر- فوسفات) ح يطلع لنا الدنا المطعّم
ماحستيتش أبداً بأن حد بيقطعك؟
دنا بشري
AATT
TTAA
دنا من إ. كولاي
أبداً أنا باعمل شغلي وبس!
ح تعمل إيه بالجزئ العجيب ده؟ يحصل إيه لو دخلنا الدنا المطعّم ده في خلية حية؟ اتضح إن عمل المونتاج الجيني ده ساعات بيبقى مفيد عمليًّا...
عمليا؟
مفيد؟
إيه العظمة دي!

لحسن الحظ إن م. كولاى لا حلقات صغيرة من الدنا اسمها البلازميدات - منفصلة عن الكروموزوم. ح نختار، أو نهندس بلازميد فيه التتابع GAATTC ونطلعه من البكتريا



وبالطريقة اللى شرحناها لك قبل كده ح نحشر الجين البشرى فى البلازميد ده



ونرجع البلازميد تانى جوه م. كولاى



والتكنيك ده اسمه

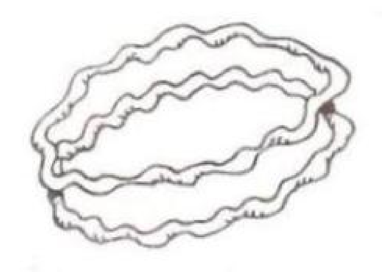
كلونة الجينات

وبيشتغل كده:

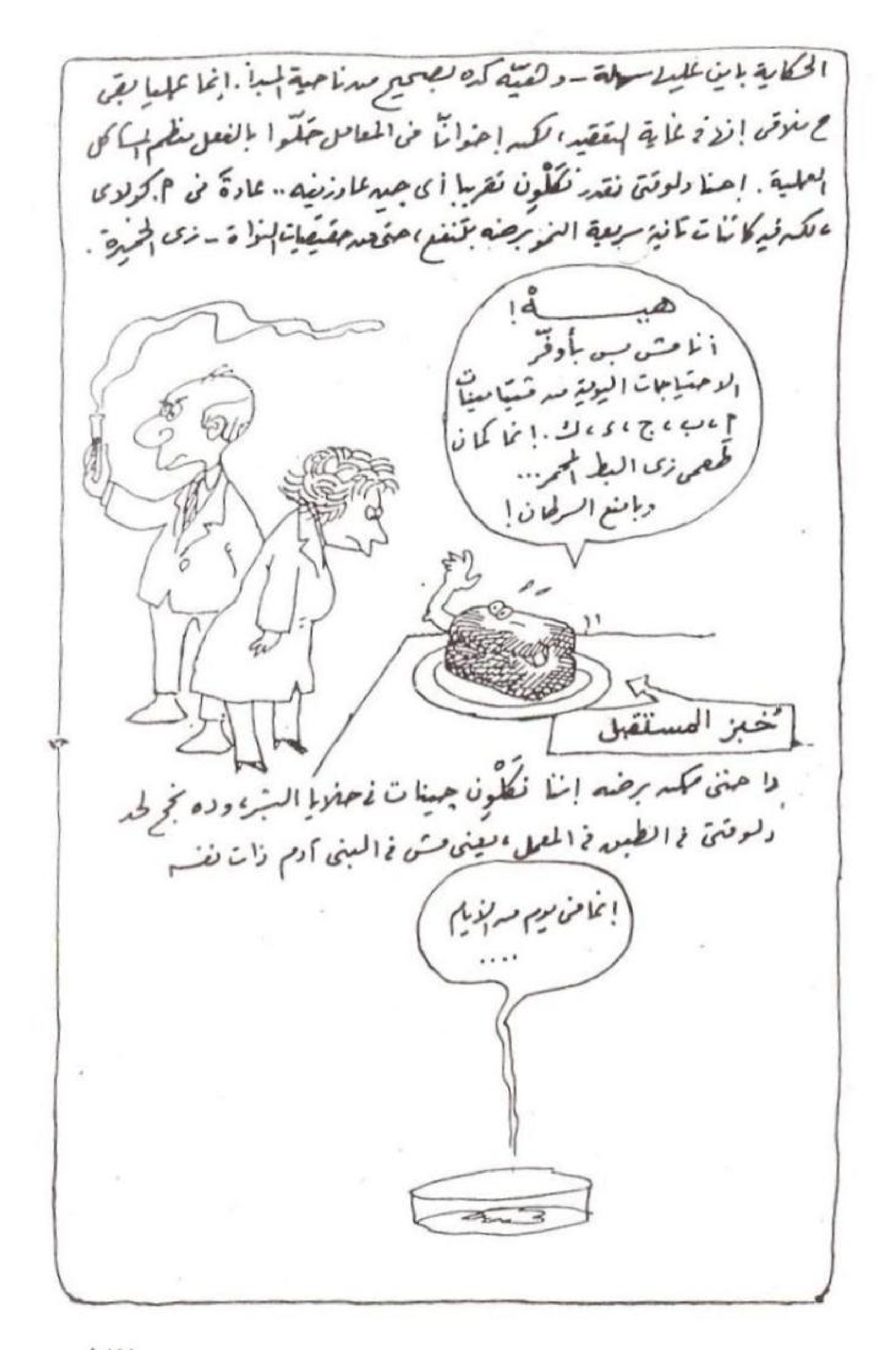
أولا: إختار جين بيشفّر لبروتين مفيد



وبالنسبة لدنا البكتريا، ح نعوز حاجة ممكن تتضاعف لما ترجع تانى للخلية - ناقل معين

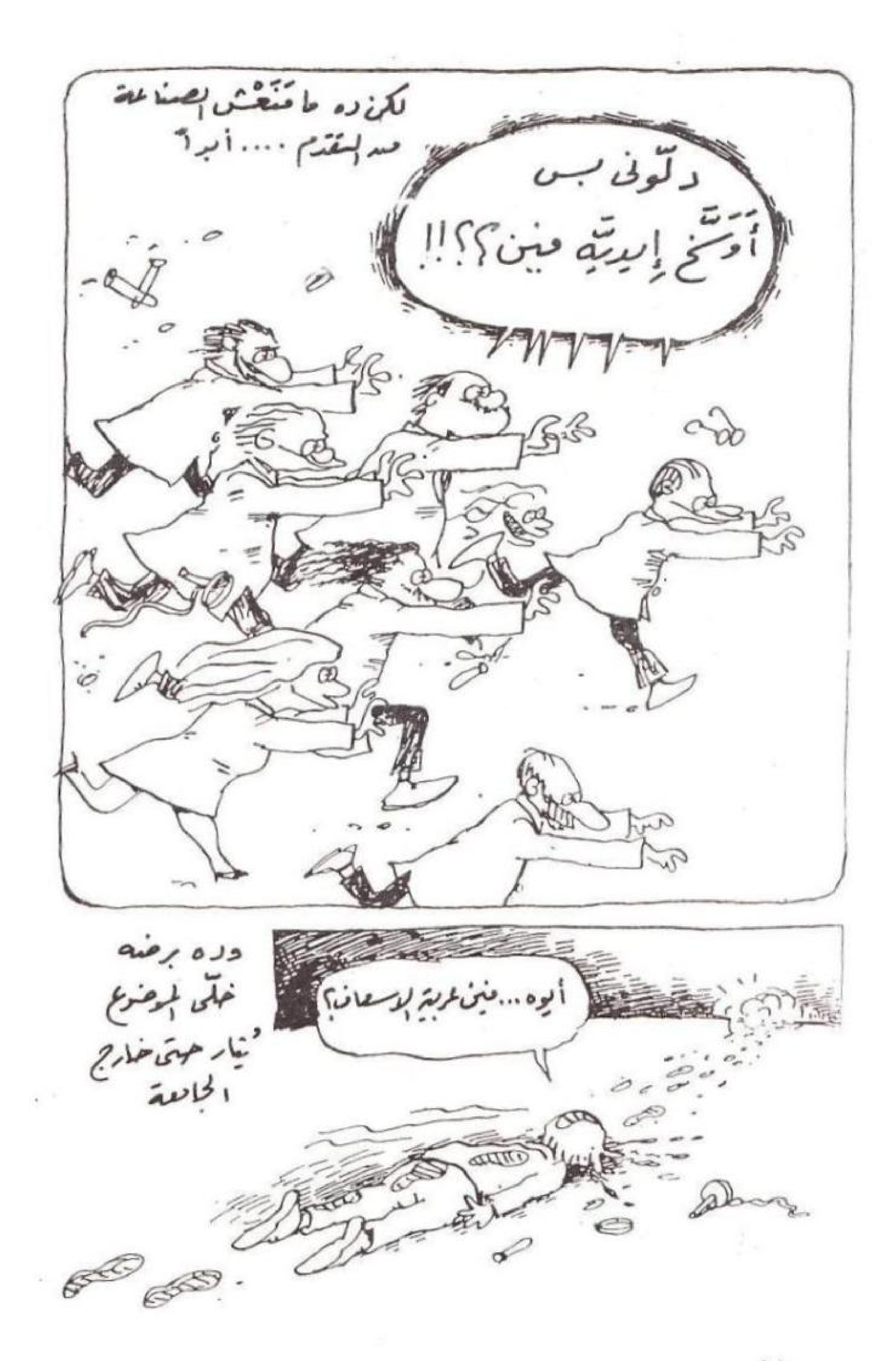



دلوقتي بقى
ح تاكل البكتريا
وتخلّيه تتكاثر
ح تنسخ
البلازميد
ومعاه
كل شيء
تاني في
البكتيره
خلّيك مفيد بقى
واتقسّم!
وفي ظرف كام ساعة ح يكون
عندنا بليون بكتيرة في شوية قطرات
من المستنبت - وطبعا فيه بليون
نسخة من الجين البشري!!
إذا كنا حطّينا مناطق
التنظيم، فالبكتريا لازم
تعبر عن الجين، بحيث نتوقع
كميات كبيرة من البروتين
البشري!
مش معقول!!
لك الحمد
يا منعم!
إنسولين
إنترفيرون


الحكاية باين عليها سهلة — والحقيقة كده لصحيح من ناحية المبدأ . إنما عمليًا يبقى
م سلوقى إنذه غاية التعقيد ، لكنه إخوانّا من المعامل حلّوا بالفعل معظم المشاكل
العملية . إحنا دلوقتي نقدر نكلّون تقريبًا أى جين عاوزينه .. عادةً في م. كرولدى
ولكن فيه كائنات ثانية سريعة النمو برضه بتنفع ، حتى جين فيتامينات النواة — زى الخميرة .
هيـه !
أنا مش بس باوفّر
الاحتياجات اليومية من فيتامينات
أ ، ب ، ج ، د ، ك . إنما كمان
طعمى زى البط المحمّر ...
وبامنع السرطان !
خبز المستقبل
دا حتى ممكن برضه إننا نكلّون جينات في خلايا البشر ، ودة نجح لحد
دلوقتي في الطبق في المعمل ، يعني مش في البنى آدم ذات نفسه
إنما في يوم من الأيام
....


فيه تمرت بروتينات على الأقل اتعملوا لحد دلوقتي بالدنا المطعّم ولها قدرات علاجية:
الهرمون النمو البشري ودة بيمنع شكل من أشكال القزمية، فالعيّل اللي تركيبه الوراثي ح يخلّيه قزم، لكن حينمو بشكل طبيعي لو عطيناه الجرعة الكافية من الهرمون ده...
يا مين يقيني المبرم بالموزم!
لحد دلوقتي الطلب ع الهرمون ده أكتر من العرض، إنما ده مش ح يستمر لوقت طويل"
الإنسولين اللي بيكسّر السكر في الدم ودة طول عمرنا بنطلّعه بطريقة تانية... لكن دلوقتي لازم نزوّد انتاجه، ويمكن ح يبقى أرخص، ودة ح يخلّي الحياة أسهل لمرضى السُكّر
خليهم بقى ياكلوا كيك!
الإنترفيرون مقاوم الفيروسات.
والمعروف إن ده كيميكال قوى، يعني الوقية منه تساوي ألف مليون دولار - لكن دلوقتي بكتريا إ. كولاي بتعمله بكميات كبيرة في المعامل
ولو إن ماحدّش عارف لحد دلوقتي ح نعمل بيه إيه. ولو ان التجارب العلمية شغّالة على ودنه...
والأمل كبير
جايز يعالج السرطان أو البرد!


وفجأة ، أصبح التطعيم الجيني
بيزنيس كبيرة !
بالطريقة الأمريكاني !!
زوم زايم لصناعة النمو
أصحاب الأموال عجبتهم احتمالات المكاسب من البروتينات دي ، فجريوا جري ورا أساتذة البيولوجيا عشان مشاريع من نوع جديد :
شركات الهندسة الوراثية
إنت تبعنا يا بروفسور !
إنت تعمل بروتين بشري من البكتريا الصغيرة دي... واحنا بقى نكوّن ثروات هايلة من استثمارات برضه صغيرة...
إنما رجعنا الجامعة ح نلاقي إن ده تسبّب قلق كبير..
هل احنا مستعدين نوسّخ إيدينا بالفلوس دي ؟
هل ممكن إن الربح يوجه البحث المفتوح ؟
هل البحث الحر ممكن إذا كانت اكتشافاتنا ستتحول إلى أسرار تجارية ؟؟



لكن ده ماقتعش الصناعة
عن التقدم .... أبداً
دلّونى بس
أوّتّخ إيديتّه فين؟؟!!
وده برضه
خلّى الموضوع
ينهار حتى خارج
الجامعة
أيوه... فين عربية الإسعاف؟



همم مم... يظهر لازم أروح لمحامي قبل ما أتهور وأعمل حاجة غلط...
فيه اللي ح يبقى صاحب براءة التكنولوجيا الجديدة؟
ويا ترى براءة الاختراع ح تكون لإيه بالظبط؟
لجثة من جداد؟
لطريقة التخريب؟
لشكل من أشكال الحياة؟
الموضوع ده وصل بالفعل إلى ساحات المحكمة العليا، اللي حكمت بأنك تقدر تسجل براءة اختراع شكل جديد من أشكال الحياة.
فيه عهد لازم يدفع اللي ليّه من تلات بلايين سنة فاتوا!!



ليه بتوع التطعيم الجيني بيبقوا أغنيا وأنا ياللي اكتشفت دورة التزاوج في القواقع أفضل فقير؟
استمر الضغط... الأساتذه ابتدوا يتهموا بعض باستغلال معامل الجامعة لشغل الشركات... وطلبة الدراسات العليا لقيوا مشاريعهم بتتغير من غير سبب..
وطبعا ماننساش إن فيه حاجة اسمها الغيرة!...


لكن انسى الفلوس دلوقتي، إيه اللي ح يحصل لصحتنا؟ من أول ما ظهرت الهندسة الوراثية و ناس خايفة إنها تطلع لنا م العامل عفاريت
خايفين إن اللعب في إ. كولاي جايز بالصدفة يخلق لنا جرثومة تخلص علينا.
ما تنساش إن إ. كولاي بتعيش في أمعاء الانسان - إذا طلعت منها سلالة ضارية واتسربت بره المعمل، جايز ما نقدرش نسيطر عليها.
عو عو...
مين كان يصدق إن فرانكنشتاين يبقى شكله كده
وبناء عليه العلماء بنفسهم حطوا إرشادات لتقليل الأخطار المحتملة إلى أدنى الحدود....
على جميع الموظفين أن يغسلوا اليدين بعد تطعيم الجينات


لكن الحقيقة إن المخاوف قلّت كتير
عن أيام البداية...
وماظهرتش أى مشكلة
لحد دلوقتى
لسه ماحصلش حاجة لحد دلوقتى؟ يبقى مش ممكن يحصل حاجة أبداً؟ !!!
إنت يا عنوط بتتكلم زى ماتكون أرسطو...
أو استراتيجى نووى...


إنما أهم حاجة مشجعة لقيه: إن سلالة إ.كولاى اللى دايماً بتُستخدم فى
كلونة الجينات أصبحت دلوقتى « داجنة » بعد السنين دى كلها فى المعمل، بحيث
إن ما عادتش تقدر تعيش تانى فى أمعاء الإنسان!
إحنا خلّيناها بكتريا عدمانة خالص...
تنهيدة
ماعدش ممكن نروح أبداً...

إنما اللى جايز يحصل لحد ده إن واحد بالقصد يطلع سلالة محميته.
طبعا حكمه تسأل: ميه اللى يعني يحب يعمل كده؟

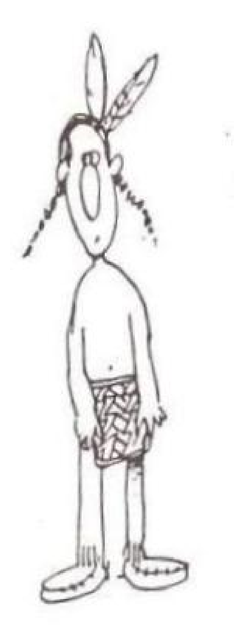


جنرالات الجيش معروف إنهم بيحوّلوا أى تكنولوجيا جديدة
ويستخدموها عسكريا، ودايما بيلاقوا العلماء اللى بيساعدوهم...



نقدر نستريح شوية لما نعرف إن أدوات الحرب البيولوجية ممنوعة بالمعاهدات الدولية .

لكن... مين يعرف؟



هل إمكانية الأذى دي معناها إننا لازم نبطّل التطعيم الجيني؟ البيولوجيين كلهم ح يقولوا "لأ". ليه نرفض التقدم الطبي بسبب احتمال الاستخدام العسكري؟

دي قضية سياسية سببها التقدم العلمي — ودي حقيقة معروفة عن الحياة في القرن العشرين

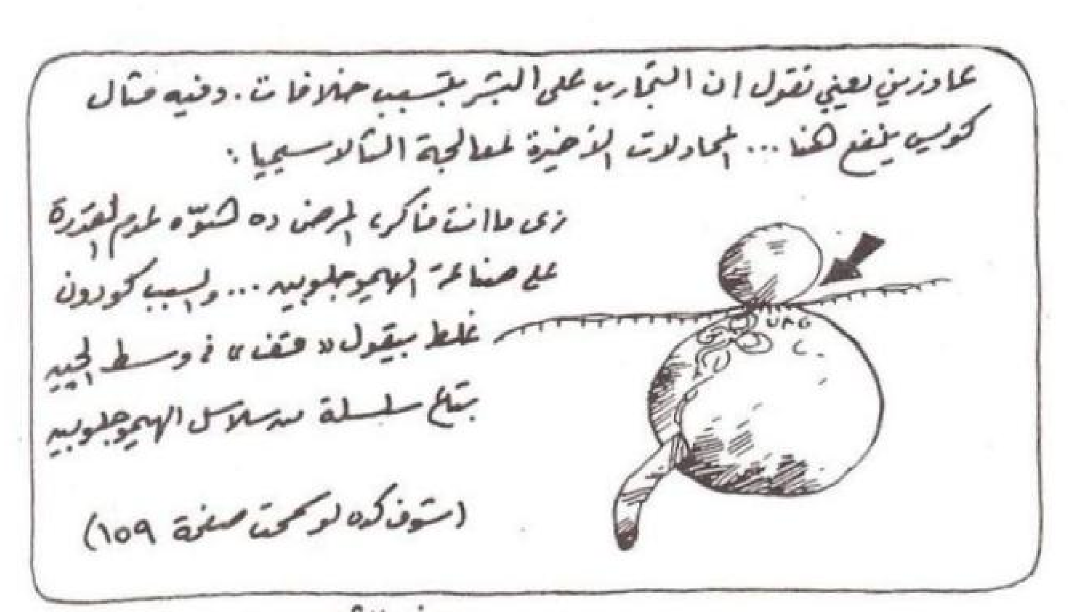
ثم إن السموم اللي ممكن تتعمل بالطريقة دي جايز ماتكونش أشد من السموم الموجودة دلوقتي بالفعل. إنما التقدم الطبي بيوعد بأنه ح يكون ثوري





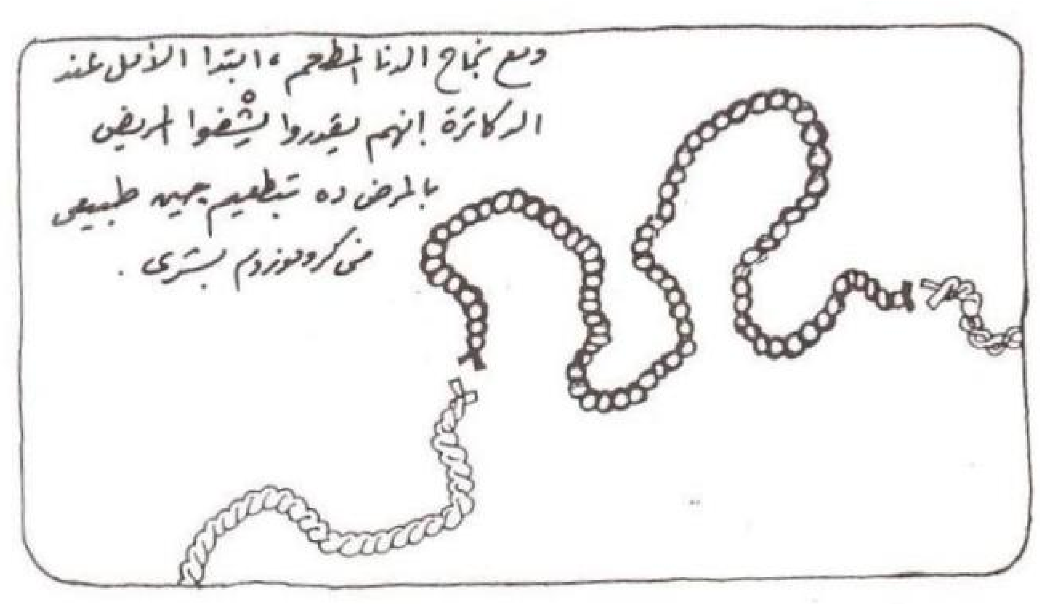
في مفترق الطرق





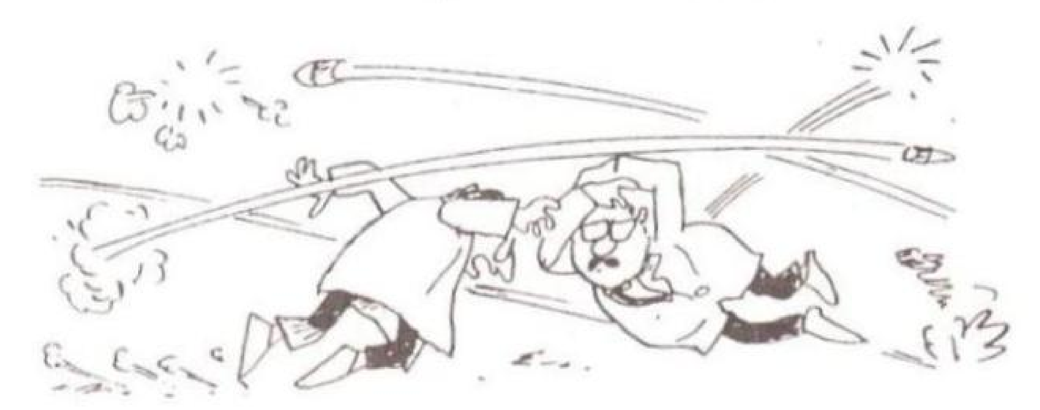
ومرضى الثالاسيميا بيعانوا من الأنيميا، وتشوه العظام، ومن مشاكل فى القلب، وبيحتاجوا دايما نقل دم عشان يعيشوا،
وحتى مع كده...
مابيعيشوش كتير.





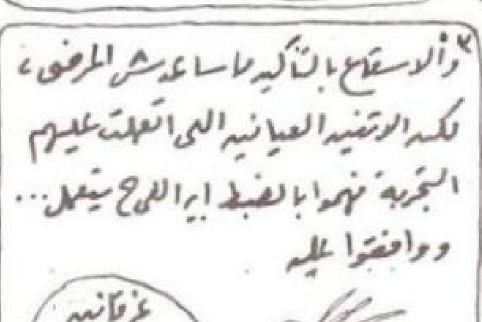

كويس خالص ... لكن الطريقة دي ما نفعتش بالفعل في الفئران . ورغم ذلك فيه دكاترة في جامعة كاليفورنيا قرروا إنهم يحاولوا يطبقوها ع البني آدمين
أخدوا خلايا من نخاع عظم الفخذ بتاعة اتنين عيانين
[ماتنساش إن الخلايا دي بتتحول لكرات دم حمرة منتجة للهيموجلوبين]
وبعدين طعّموا فيها جين الهيموجلوبين الطبيعي
وبعدين عرّضوا الفخذ للإشعاع علشان يبطّلوا النخاع القديم [ويدّوا الفرصة للخلايا الجديدة]
ودخّلوا الخلايا المهندسة جوّا العضم
والنتيجة ؟
ولا حاجة
!!!
تهنية
وراحت التجربة !
..والعيّان!
....

حصلت خناقات كتيرة بين الدكاترة من ورا التجربة دى



كان فيه شوية اعتراضات

١- الطريقة دى ماتجيش أصلا فى الحيوانات، ولسه مش واضح إزاى ندخل جين الهيموجلوبين البشرى فى خلية حيوان تدى بطريقة تخليه يعبر عن نفسه بأى كمية



٢- اللجنة المختصة بعمل التجارب على البشر فى الجامعة رفضت اجراء التجربة، وإن كانت اللجنتين بتوع المستشفيات اللى اتعملت فيها التجربة وافقوا عليها (فى ايطاليا واسرائيل)

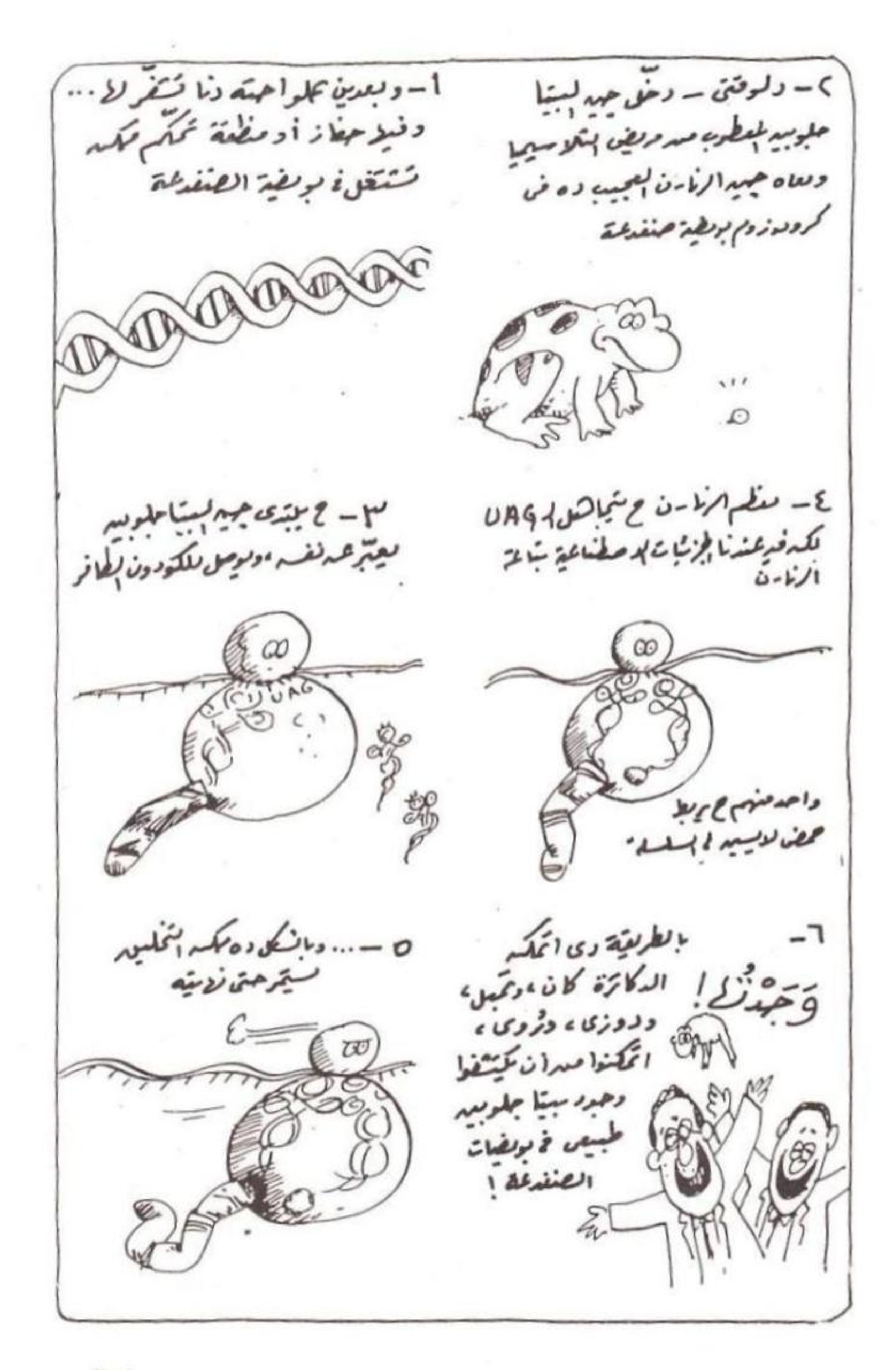
٣- والاستطلاع بالتأكيد ماساعدش المرضى، لكن الاتنين العيانين اللى اتعملت عليهم التجربة فهموا بالضبط إيه اللى ح يتعمل... ووافقوا عليه



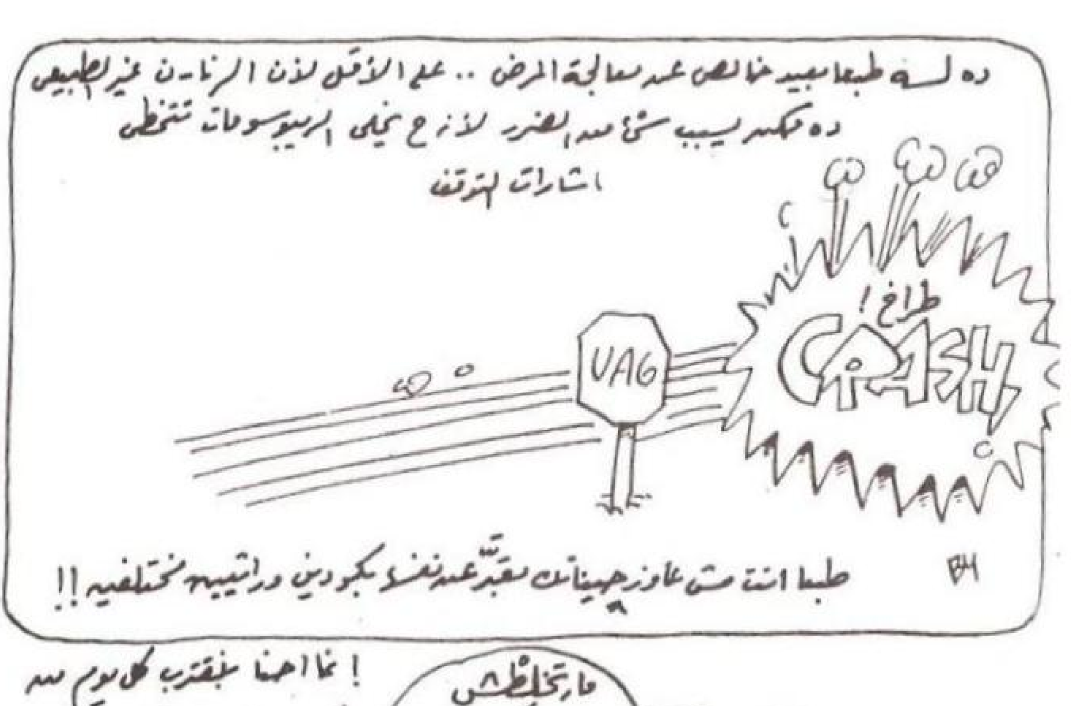
٤- وفى الآخر الدكاترة اللى عملوها اتعاقبوا وواحد منهم فقد وظيفته كرئيس قسم... شفت بأه؟ التجارب على البشر ممكن تكون خطر!



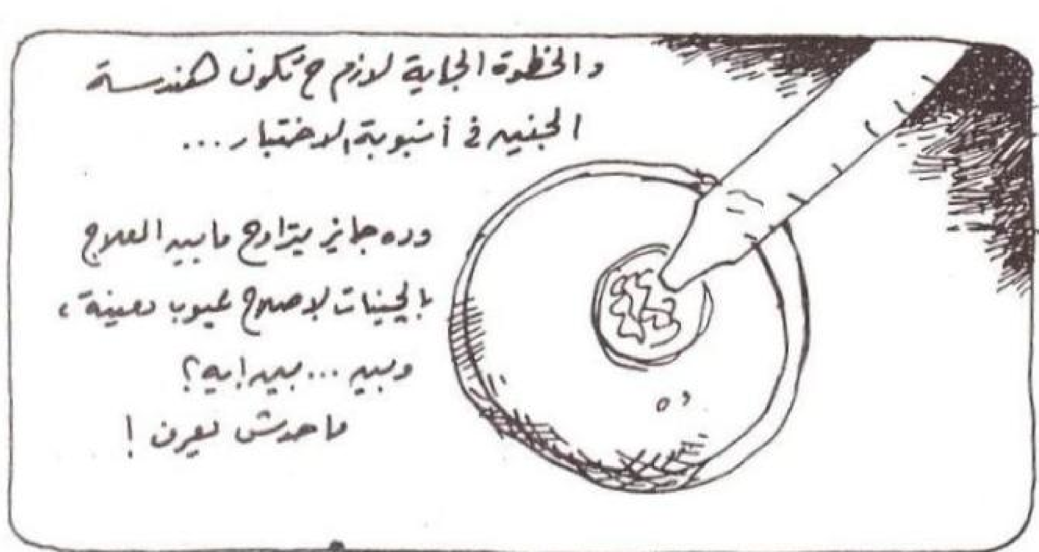

وحتى واحنا بنكتب الكلام ده، فيه تجربة على الثالاسيميا اتعملت ونجحت، قام بها فريق من العلماء في جامعة كاليفورنيا سان فرانسيسكو.
اشتغلوا على بعض الضفادع واستعملوا طريقة جديدة —
ماحدش يستعجلني!
إنها طريقة غريبة فعلا!
كانت فكرتهم: بدل ما نحط الجين الطبيعي، ليه ما نجربش حاجة تانية؟
ماتنساش إن شكل من مرض البيتا ثالاسيميا فيه الكودون UAG الغلط اللي بيقول "توقف" واللي جه مكان الكودون الصح AAG. الكودون UAG بيوقف العملية لأن مفيش رنا ناقل عليه الكودون المضاد اللي يوافقه.
نغير كتابة الشفرة الوراثية نفسها!!
A U C
مفيش جزئ كده
لكن إيه رأيك لو ركبنا جزئ بالشكل ده؟ يعني ركبنا رنا-ن بيترجم UAG لحامض لايسين، الحامض الأميني اللي الكودون AAG بيشفر له
ده بالضبط اللي عمله فريق سان فرانسيسكو. الأول عرفوا تتابع القواعد بتاع الرنا-ن غير الطبيعي
A A G
U U C
U A G
A U C
غير قاعدة واحدة بس
A U C
فيه هنا خطاف للايسين



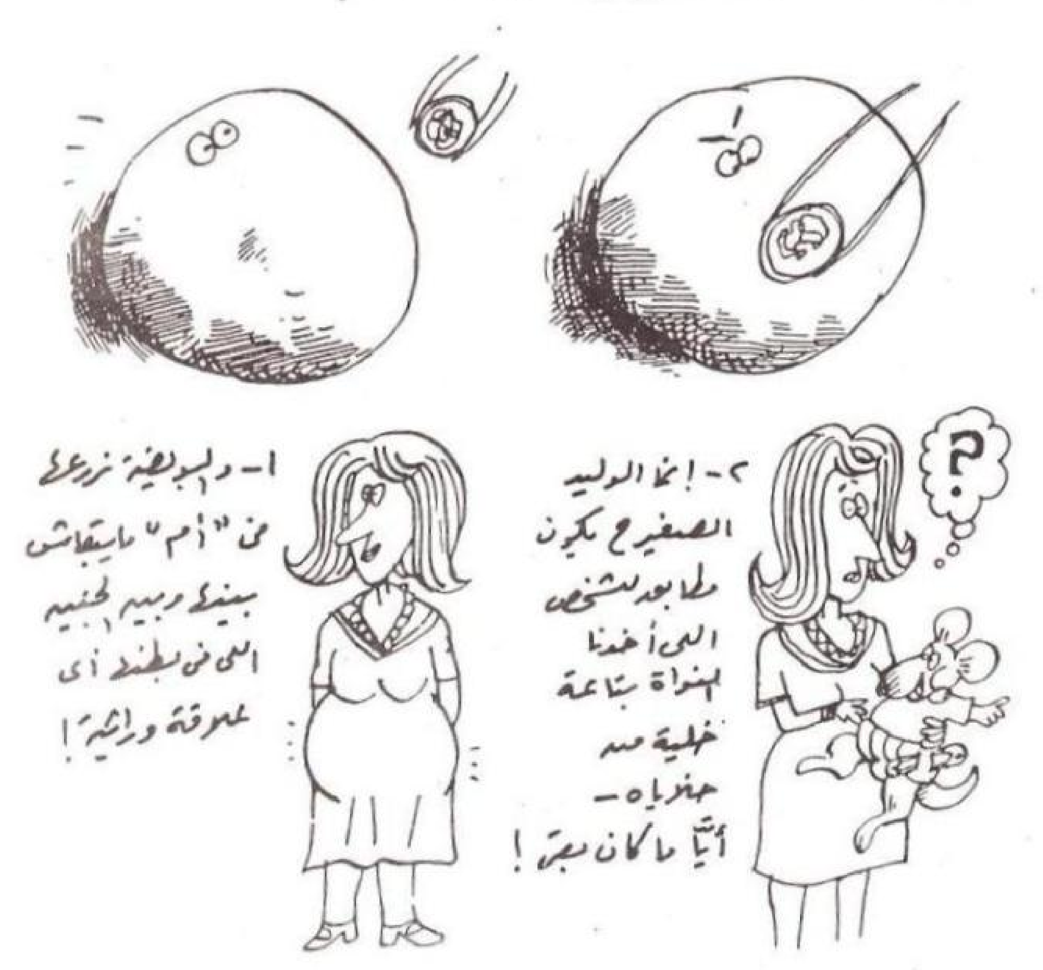
١- وبعدين عملوا حتة دنا تشفر لـ...
دفيلو جهاز أو منظمة تحكم ممكنه
تشتغل في بويضة الضفدعة
٢- دلوقتي - دخّل جين البيتا
جلوبين المطلوب من مريض بالثلاسيميا
ومعاه جين الرنا-ن العجيب ده في
كروموزوم بويضة ضفدعة
٣- ح يبتدي جين البيتا جلوبين
يعبر عن نفسه ويوصل للكودون الطافر
UAG
٤- معظم الرنا-ن ح يتجاهل الـ UAG
لكن فيه عندنا الجزيئات الاصطناعية بتاعة
الرنا-ن
واحد منهم ح يربط
حمض الليسين في السلسلة
٥- ... وبالشكل ده ممكن التخليق
يستمر حتى نهايته
٦- بالطريقة دي اتمكن
الدكاترة كان، وتمبل،
ودوزي، ودروي،
اتمكنوا من ان يكتشفوا
وجود بيتا جلوبين
طبيعي في بويضات
الضفدعة !
وَجَدْتُها !


ده لسه طبعاً بعيد خالص عن معالجة المرض .. على الأقل لأن الزمان غير الطبيعي
ده ممكن يسبب شيء من الضرر لأنه ح يخلي الريبوسومات تتخطى
اشارات التوقف
طاخ!
CRASH
UAG
طبعاً انت مش عاوز جيناتك تعبّر عن نفسها بكودين وراثيين مختلفين!!


! كما احنا بنقترب كل يوم من الحل... فيه دلوقتي بالفعل "أطفال أنابيب" كتيرين... ودول أخصبوا في الأنابيب، وبعد عدد محدود من الانقسامات اتحطوا في رحم الأم، ولكن تنامى الجنين بشكل طبيعي.
ماتخلطش ده بالصغار من أنابيب الاختبار!
يا ترى الراهب مندل كان ح يقول إيه عن الحكاية دي؟!
كان ح يقول: حاسب أحسن تقع منك أنبوبة الاختبار



وإذا اتطرفنا خالص، جايز يصبح من الممكن إننا نكون إنسان: نشيل نواة البويضة خالص، ونحط مكانها نواة من واحد تاني!



حاجة بعيدة الاحتمال.. مش كده؟ طب إيه رأيك إن العلماء اتمكنوا بالفعل من كلونة الفيران والضفادع

التقنية دي بتمكننا من عمل نسخ متعددة من أي فرد

أشو ده اللي احنا عاوزينه؟ عاوزين يعني عالم من الكلونات؟

مش. شايفين. في.
ده. حاجة. غلط.

جايز قوي تسأل: ميه ياترى ده اللي ح نكلونه؟
ميه ياترى اللي ح ياخد القرار ده؟ هل الاختيار ح يعتمد على الفلوس لوحدها؟ وهل ده ح يكون قانوني؟ هل ح يكون فيه "مرتبيه للناس" زي المرتبيه بتوع الحيوانات، بينتخبوا أفضل الناس "صلاحية" للتكاثر

[الكلام ده اتكتب طبعا قبل
[دوللي — المترجم]

روح كده على جنب..
يا خرع انت!

حصلت تجربة في القرن ده حاول فيها حد إنه يربي جنس سوبر.. لكن أقل اللي نقدر نقوله عنها إنها كانت تجربة كئيبة.

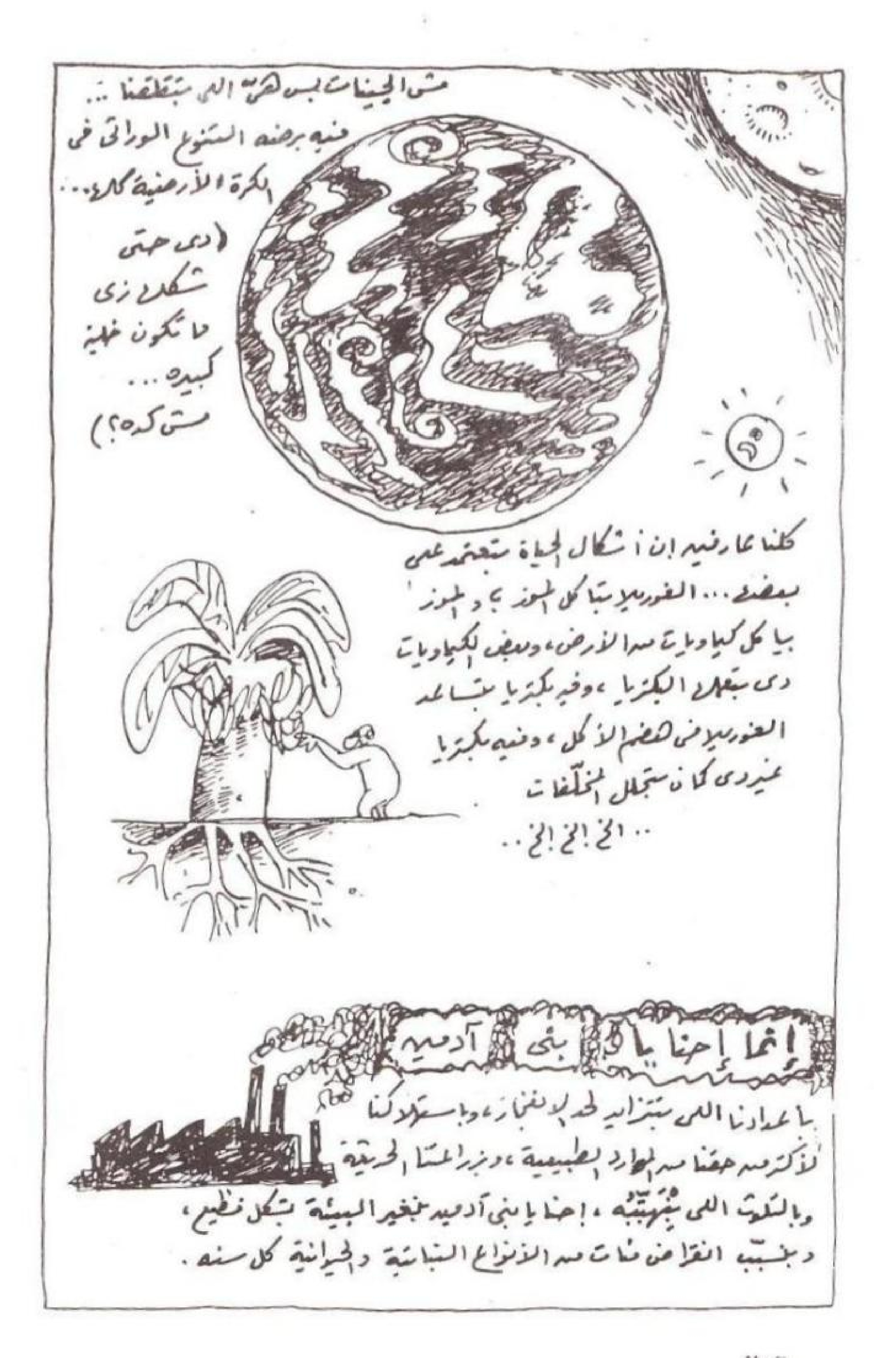
الحاجات دى جايز تكون سوية حزايني .. إنما جايز المستقبل يكون اكثر بهجة يتفصل الناس فيه ، بحيث يوافقوا البدل الجاهزة - مش العكس !!

ياترى هنوفق لمنزلك ٧٠٠ جاكتة زرقا مقاس ٤٢؟؟

وممكن نربي ستات يقدروا يلبسوا الكعب العالي وهمه مستريحين ...
أو ستات سيقانهم قرنفلي !!

مابتوجعكيش ؟ يا خبر ؟!





مش الجينات بس هى اللى بتربطنا ...
فيه برضه التنوع الوراثى فى
الكرة الأرضية كلها ...
(دى حتى
شكلها زى
ما تكون خلية
كبيرة ...
مش كده؟)
كلنا عارفين إن أشكال الحياة بتعتمد على
بعضها ... الغوريلا بتاكل الموز، والموز
بياكل كيماويات من الأرض، وبعض الكيماويات
دى بتعملها البكتريا، وفيه بكتريا بتساعد
الغوريلا فى هضم الأكل، وفيه بكتريا
غيرها كمان بتحلل المخلفات
.. الخ الخ الخ ..
إنما إحنا يا بنى آدمين
بأعدادنا اللى بتتزايد لحد الانفجار، وباستهلاكنا
لأكتر من حقنا من الموارد الطبيعية، وبزراعتنا الحديثة
وبالتلوث اللى بنسببه، إحنا يا بنى آدمين بنغير البيئة بشكل فظيع،
وبنسبب انقراض مئات من الأنواع النباتية والحيوانية كل سنة.



ده معناه إن جينات أقل ح تفضل موجودة في الأجيال الجاية..
وزي ما بيقولوا "عمر اللي راح ما ح يرجع تاني!!"
أنا ما كانش قصدي كده أبدا!
ده بيهدد الحياة ككل... مثلا لو كان فيه بس ٥ أنواع من التفاح، فمن الممكن إنهم كلهم يضيعوا بسبب مرض أو آفة. إنما لو كان فيه ٥٠ نوع ففيه فرصة أكبر إن شوية منهم يكونوا مقاومين للمرض... وما يخلصوش!
يتحبب التفاح؟
فيه بعض دول اهتمت بالنباتات؛ لكن للأسف مفيش طريقة زي دي نقدر نحفظ بيها الحيوانات
فيه بعض دول ابتدت تهتم بالمشكلة دي وبتحاول تحفظ أكبر عدد من النباتات بجمع بذورها.

جايز الهندسة الوراثية تخدمنا بأنها
تخلّق توليفات جديدة، لكن ده
لسّه من علم الغيب ...

إلحقوني!

من ناحية تانية ح نلاقي
إن الاحتمالات بالنسبة
للهندسة الوراثية بتقل
لما يقل عدد الأنواع
اللي ح تفضل لينا
علشان التطعيم الجيني.

ح نلاقي نفسنا بنواجه قدرتنا الخفيفة




ومن ناحية تانية لازم نتعامل مع القدرات
الجبارة للهندسة الوراثية، لأنها بتوعدنا -
أو بتهددنا - بتغيير الطبيعة البشرية ذاتها،
وبتثير أسئلة صعب قوي نلاقي لها إجابة
الكلام علشان نناقشها، والأصعب من كده
إن المشاكل الاجتماعية والسياسية
نلاقي لها حل
A
C
U
G
A
C
U
مع القوة بتيجي المسئولية، مسئولية الاختيار الحكيم. ودة بيعتمد جزئيا
على البيانات الصحيحة. ويمكن ساعتها نلاقي إننا أخدنا دورة كاملة ورجعنا
للزمن اللي لازم كل واحد فيه يبقى بيولوجي، والعالم عبارة عن فصل في مدرسة!
النهاية



إللّي ألّفوا الكِتاب
لاري جونيك : ده جايز يكون أكتر رسام
كاريكاتير متعلم ف العالم. ! تخرّج من
جامعة هارفارد واشتغل خمس
سنين دراسات عليا في الرياضيات
وبعدين زهق.. سابها. بيعيش في سان
فرانسيسكو مع مراته وكلبه وقطته وبراغيته.
مارك هويليس: ده لما يكون
ما بيتسلّقش جبال، ولّا راكب قارب، حتلاقيه
بيحاضر في البكتريولوجيا ف جامعة كاليفورنيا
(ديفيز) بيدرّس كورسات ف البيولوجيا
الأساسية، والبكتريولوجيا، والوراثة
البكتيرية، ونشر عدد من الأبحاث،
وشارك في تحرير كتاب شامل اسمه
"مقدمة ف عالم الميكروبات".
عايش ف ديفيز مع مراته وشوية
البكتريا بتاعتهم....

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٥٢٧٣ / ١٩٩٨

I.S.B.N 977 - 01 - 5983 - 2

الكتاب اللّي في إيدك ده

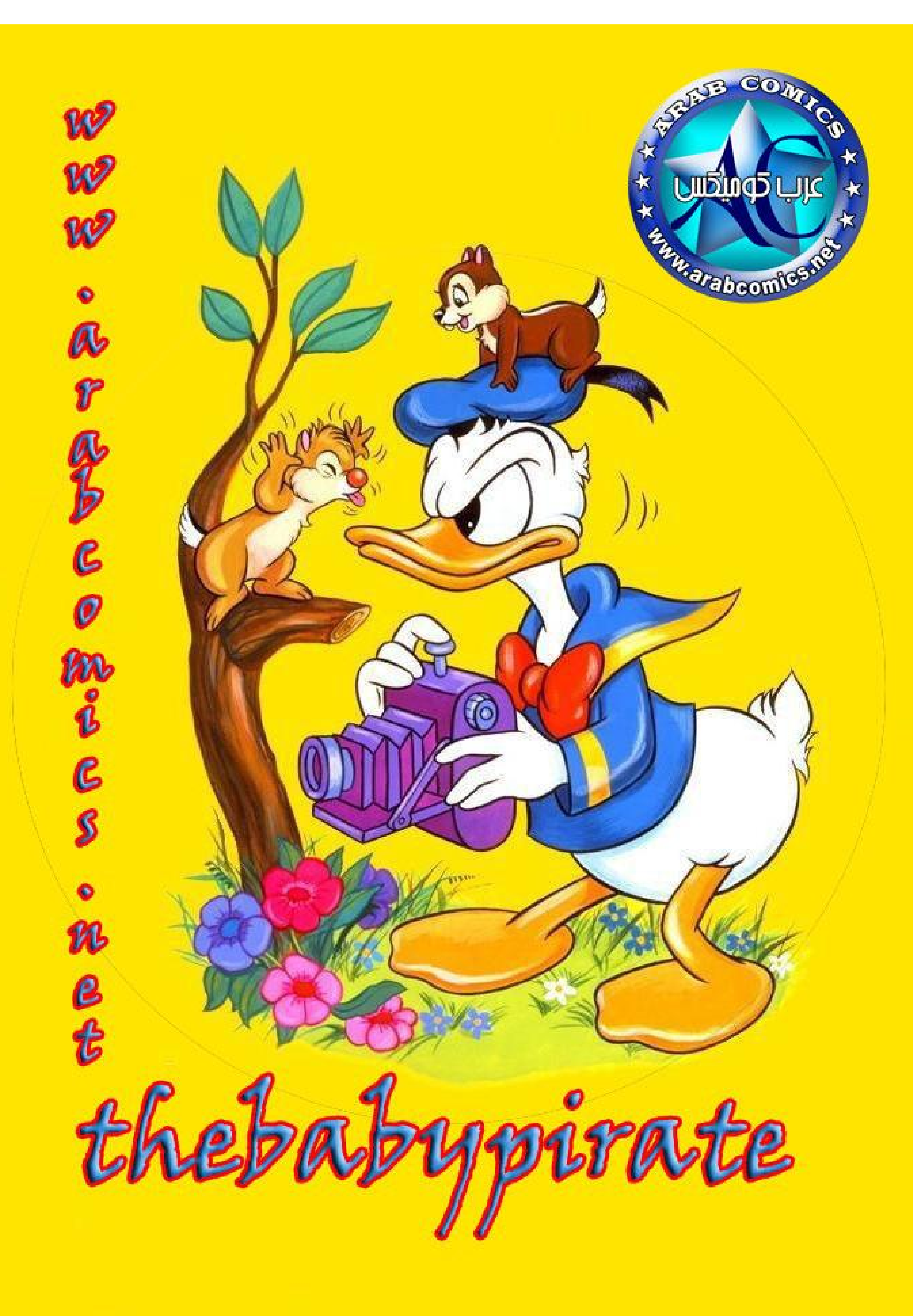
طبعاً مش معقول واحد مصري مثقف ومتعلم - ولو نصّ علام - يدخل على القرن ٢١ وهوّه مش عارف يعني إيه الهندسة الوراثية اللّي بيقرا عنها كل يوم في الجرايد. مش معقول أبداً! الحقيقة إن ده اللي خلاّني أترجم الكتاب الظريف ده. الهندسة الوراثية ح تحلّ مشاكل كتير خالص خصوصاً في الزراعة وفي الطب، وح تكون من أهم المواضيع اللي ح تشغل العلماء في القرن اللي جاي - الكيمياء طبعاً والبيولوجيا الجزيئية عموماً. الكلام بصحيح كُتُر عن الهندسة الوراثية وابتدت الناس تخاف منها وبيتهيّألهم إنها حاجة ما تتفهمش خالص! إنما إيه رأيك يبقى إن الكتاب ده سهل، ومتعبّي معلومات مذهلة ومشوّقة عن الموضوع، وأيّ واحد يقدر بسهولة يفهمه؟ وح تكتشف كمان إن الوراثة دي علم سهل وظريف ودمّه خفيف زي العسل؟ على العموم، إذا ماكنتش مصدّقني، إقرا الكتاب بنفسك، وح تتأكد إن العلم شيء جميل جداً - قصدي أيّ علم معيّن، مش بس علم الوراثة - وإنه نعمة ربنا علينا.

المهم، أرجو إن خطّي يكون واضح ما يتعبكش وانت بتقرا!!

أحمد مستجير

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

٦٧٥ قرشاً


ARAB COMICS
عرب كوميكس
www.arabcomics.net
thebabypirate